

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN MEJORAMIENTO GENÉTICO
DE PLANTAS**



**“INDUCTORES DE RESISTENCIA PARA EL MANEJO
INTEGRADO DE *Phytophthora infestans* (MONT.) DE BARY EN
EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)”**

Presentada por:

KIMBERLAYN MARIA APSARA SANABRIA AGUILAR

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE EN MEJORAMIENTO GENÉTICO DE
PLANTAS**

Lima - Perú

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN MEJORAMIENTO GENÉTICO
DE PLANTAS**

**“INDUCTORES DE RESISTENCIA PARA EL MANEJO INTEGRADO
DE *Phytophthora infestans* (MONT.) DE BARY EN EL CULTIVO DE
PAPA (*Solanum tuberosum* L.)”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO
DE MAESTRO MAGISTER
SCIENTIAE**

Presentada por:

KIMBERLAYN MARIA APSARA SANABRIA AGUILAR

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Javier Arias Carbajal
PRESIDENTE

Mg.Sc. Rolando Egúsqüiza Bayona
PATROCINADOR

Mg.Sc. Julián Chura Chuquija
MIEMBRO

Dra. Leonor Mattos Calderón
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más, A mis padres y hermano por ser las personas que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida. A mis profesores y compañeros del Centro internacional de la papa, gracias por su tiempo, apoyo y sabiduría que me transmitieron en esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Internacional de la papa y a la compañía HORTUS, por la confianza brindada para la ejecución de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. El cultivo de papa	3
2.1.1.Origen y distribución	3
2.1.2.Crecimiento y desarrollo del cultivo	4
2.1.3.Variedades de papa	5
2.3. Racha de la papa	6
2.3.1.1. Morfología.....	7
2.3.1.2. Ciclo de vida.....	8
2.3.2.Síntomas de la enfermedad.....	8
Figura 1. Síntomas de la racha en Hojas, tallo y tubérculos.....	9
2.4. Inductores de resistencia.....	10
2.4.1.Inductores de resistencia químicos, orgánicos e inorgánicos	10
2.4.2.Inducción de resistencia usando ácidos orgánicos	11
2.4.3.Inducción de resistencia usando sales de fosfato.....	12
2.4.4.Inducción de resistencia usando Silicio.....	13
2.5. Factores que influyen la expresión de resistencia inducida (RI).....	14
2.6. Efectos del genotipo sobre la expresión de la resistencia inducida.....	14
2.7. Efectos ambientales y la resistencia inducida.....	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1. Ubicación:.....	17
3.2. Ensayo preliminar.....	17
3.3. Experimentos en laboratorio e invernadero.....	17
3.3.1. Material Vegetal:	17
3.3.2. Aplicación de los tratamientos	18
3.3.4. Diseño experimental	20
3.3.5 Evaluaciones	22
3.3.5.1 Severidad y tiempo de persistencia del inductor	22
3.4. Experimentos en campo	23
3.4.1. Material vegetal	23
3.4.2. Aplicación de los tratamientos	23

3.3.4. Diseño experimental	24
3.4.5. Evaluaciones	27
3.4.5.1. Severidad, rendimiento, impacto ambiental y análisis económico.....	27
3.4.5.2. Post cosecha: Severidad y cuantificación de fenoles.....	28
IV. RESULTADOS.....	29
4.1. Ensayo preliminar.....	29
4.1.1. Tiempo de persistencia del inductor.....	29
Días después de aplicados los tratamientos ddap	30
4.1.2. Severidad de la enfermedad en el ensayo de plantas completa.....	32
4.2. Correlación entre ensayos de la hoja separada y de planta completa.....	32
4.1.3. Severidad de la enfermedad de plantas sembradas bajo condiciones de campo	35
4.2. Correlación del grado de susceptibilidad de las variedades con el rAUDPC de los tratamientos con IDRs.	37
Días después de la siembra (d)	38
4.3. Rendimiento de plantas sembradas bajo condiciones de campo	41
4.4. Correlación del rendimiento y la severidad de la enfermedad (rAUDPC).....	48
4.5. Impacto ambiental (IA) calculado de los tratamientos empleados en campo.....	48
4.6. Análisis económico de los tratamientos empleados en campo.....	48
4.6.1. Porcentaje de tejido necrótico evaluado en tubérculos completos.....	51
4.6.2. Porcentaje de tejido necrótico evaluado en rodajas de tubérculos	52
4.7. Correlación entre el grado de susceptibilidad de las variedades y la severidad evaluada en rodajas y tubérculos completos inoculados con <i>P.infestans</i>	58
4.7.1. Contenido de fenoles totales (CFT) en tubérculos completos.....	58
V. DISCUSIÓN.....	62
VI. CONCLUSIONES.....	70
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
VIII. ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tratamientos evaluados bajo condiciones de invernadero.....	19
Tabla 2. Fuentes de variación del diseño completamente al azar (DCA).....	20
Tabla 3. Fuentes de variación del diseño completamente al azar (DCA) con experimentos repetidos.	21
Tabla 4 Fuentes de variación del diseño completamente al azar (DCA) con experimentos repetidos.	22
Tabla 5. Tratamientos evaluados bajo condiciones de campo.....	24
Tabla 6 Fuentes de variación del diseño de Bloques con arreglo factorial 4V X 8T.....	25
Tabla 7 Fuentes de variación del diseño de Bloques con experimentos repetidos.....	26
Tabla 8. Severidad de la enfermedad de plantas de la variedad Yungay después de la aplicación de inductores de resistencia (IDRs) y fungicidas. Método de la hoja separada (Liljeroth et al, 2010).....	31
Tabla 9. Severidad de la enfermedad (%) en el ensayo de la hoja separada bajo condiciones de laboratorio y en el ensayo de la planta completa realizado bajo condiciones de invernadero.....	33
Tabla 10. rAUDPC, rendimiento e impacto ambiental (IA) de las cuatro variedades de <i>S. tuberosum</i> L. sembradas en la zona de Pogzogan.	43
Tabla 11 rAUDPC, rendimiento e impacto ambiental (IA) de las cuatro variedades de <i>S. tuberosum</i> L. sembradas en la zona de Santa Cruz	44
Tabla 12. rAUDPC, rendimiento e impacto ambiental (IA) de las cuatro variedades de <i>S. tuberosum</i> L. sembradas en la zona de Aco.	45
Tabla 13. Promedios de la severidad (rAUDPC), rendimiento e impacto ambiental (IA) de las cuatro variedades de <i>S. tuberosum</i> L de las tres zonas evaluadas.....	47

Tabla 14. Análisis económico de los tratamientos por variedades evaluados en las zonas de Pogzogan, Santa Cruz y Aco.	50
Tabla 15: Tejido necrótico (%) evaluado en el ensayo de tubérculos completos.....	54
Tabla 16: Tejido necrótico (%) evaluado en el ensayo de rodajas de tubérculos.....	55
Tabla 17. Contenido de fenoles totales (CFT) en tubérculos de papa cosechados de plantas aplicadas con IDRs.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Síntomas de la rancha en hojas, tallo y tubérculos.	9
Figura 2. Protección de follaje (PPF) después de 1, 2, 3, 7 y 15 días de aplicado los tratamientos contra <i>P. infestans</i> . Método de la hoja separada (Liljeroth et al, 2010).....	30
Figura 3. Severidad de la enfermedad evaluada a los 7 días de infectadas las plantas con <i>P. infestans</i> bajo condiciones de invernadero. Las barras representan la desviación estándar y letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.01$) entre la media de los tratamientos.	32
Figura 4. Plantas de <i>S. tuberosum</i> L. con 7 días de infectadas con <i>P. infestans</i> bajo condiciones de invernadero. T1: Control, T2. Manvert Silikon, T3: IDR 2, T4: Miconic, T5: IDR 4, T6: Mancozeb, T7: Propineb.	34
Figura 5 Correlación entre el grado de susceptibilidad de las variedades de papa y el rAUDPC calculado con aplicaciones de IDR 2 y IDR 4.	37
Figura 6. Desarrollo de la enfermedad de la rancha en cuatro variedades de <i>S. tuberosum</i> L. a. Var. Canchán, b. Var. Yungay, c. Var. UNICA y d. Var. Serranita, bajo condiciones de campo en la zona de Pogzogan, distrito Paucartambo, provincia de Pasco.	38
Figura 7. Desarrollo de la enfermedad de la rancha en cuatro variedades de <i>S. tuberosum</i> L. a. Var. Canchán, b. Var. Yungay, c. Var. UNICA y d. Var. Serranita, bajo condiciones de campo de la zona de Santa Cruz, distrito Paucartambo, provincia de Pasco.	39
Figura 8. Desarrollo de la enfermedad de la rancha en cuatro variedades de <i>S. tuberosum</i> L. a. Var. Canchán, b. Var. Yungay, c. Var. UNICA y d. Var. Serranita, bajo condiciones de campo de la zona de Aco, distrito Paucartambo, provincia de Pasco.....	40
Figura 9 Comparación entre el rendimiento y la severidad de la enfermedad de la rancha expresada como rAUDPC de cuatro variedades de <i>S. tuberosum</i> L. evaluados con diferentes tratamientos en tres zonas del distrito de Paucartambo, departamento de Pasco	46
Figura 10 Tejido necrótico (%) en tubérculos completos de papa infectados con <i>P. infestans</i> (el eje x representa los tratamientos de izquierda a derecha T1. IDR 2, T2. IDR 2+ propineb,	

T3. IDR 4. T4. IDR 4+ propineb, T5. IDR 4+ IDR 2, T6. Propineb, T7. DSS y T8. control
. Letras diferentes dentro de cada variedad indican diferencias significativas entre los
Tratamientos ($p>0.05$).....56

Figura 11. Tejido necrótico (%) en rodajas de tubérculos infectados con *P. infestans* (el eje
x representa los tratamientos de izquierda a derecha T1.IDR 2, T2. IDR 2+ Propineb, T3.
IDR 4, T4. IDR 4+ Propineb, T5. IDR 2+ IDR 4, T6. Propineb, T7.DSS y T8. Control. Letras
diferentes dentro de cada variedad indican diferencias significativas entre los tratamientos
($p>0.05$) 57

Figura 12. Correlación del grado de susceptibilidad foliar de variedades de papa respecto al
porcentaje de tejido necrótico de rodajas y tubérculos completos inoculados con *P. infestans*,
cosechados de plantas tratadas con IDR 2 y IDR 4..... 59

Figura 13. Contenido de fenoles totales (CFT) por 100g de base seca (BS), de tubérculos de
cuatro variedades de *S. tuberosum* cosechadas de plantas tratadas con aplicaciones de 1. IDR
2, 2. IDR 4 y 3. Sin aplicaciones (control). Letras iguales dentro de cada variedad indican
diferencias no significativas ($p>0.05$) entre los tratamientos. 61

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de variancia de la severidad evaluado con el ensayo de hoja separada bajo condiciones de laboratorio.....	85
Anexo 2. Comparación de medias de los tratamientos según el análisis múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) de la severidad evaluado en el ensayo de hoja separada bajo condiciones de laboratorio.....	85
Anexo 3. Comparación de medias de la severidad evaluada según los DDAp según el análisis de Tukey ($\alpha=0.01$) realizado con el ensayo de hoja separada bajo condiciones de laboratorio.	85
Anexo 4 Severidad de la racha en hojas tratadas con inductores de resistencia y fungicidas de contacto al doble de la dosis comercial recomendada. Inoculación mediante hojas separadas (Liljeroth et. Al, 2010).	86
Anexo 5. Análisis estadístico de la severidad evaluada según el ensayo de planta completa bajo condiciones de invernadero, réplica 1.	87
Anexo 6. Comparación de medias de los tratamientos según el análisis múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) de la severidad evaluada según el ensayo de planta completa bajo condiciones de invernadero, réplica 1.	87
Anexo 7. Análisis estadístico de la severidad evaluada según el ensayo de planta completa bajo condiciones de invernadero, réplica 2.	87
Anexo 8. Comparación de medias de los tratamientos según el análisis múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) de la severidad evaluada según el ensayo de planta completa bajo condiciones de invernadero, réplica 2.	88
Anexo 9. Análisis combinado de la severidad evaluada según el ensayo de planta completa bajo condiciones de invernadero.	88
Anexo 10. Comparación combinada de medias de las réplicas según el análisis múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) de la severidad evaluada según el ensayo de planta completa bajo condiciones de invernadero.	88

Anexo 11. Comparación combinada de medias de los tratamientos según el análisis múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) de la severidad evaluada según el ensayo de planta completa bajo condiciones de invernadero.	89
Anexo 12. Análisis de correlación de Pearson entre los ensayos realizados en laboratorio e invernadero.	89
Anexo 13. Análisis de variancia de la severidad evaluada en la zona de Pogzogan (zona 1).	89
Anexo 14. Comparación de medias de la severidad de las variedades según la prueba múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Pogzogan (zona 1).	89
Anexo 15. Comparación de medias de la severidad de los tratamientos según la prueba múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Pogzogan (zona 1).	90
Anexo 16. Análisis de variancia de efectos simples variedad por tratamiento (VT) en variedades del ensayo correspondiente a la evaluación de la severidad en la zona de Pogzogan (zona 1).	90
Anexo 17. Análisis de variancia de efectos simples variedad por tratamiento (VT) en tratamientos del ensayo correspondiente a la evaluación de la severidad en la zona de Pogzogan (zona 1).	90
Anexo 18. Análisis de variancia de la severidad evaluada en la zona de Santa cruz (zona 2).	91
Anexo 19. Comparación de medias de la severidad en las variedades según la prueba múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2).	91
Anexo 20. Comparación de medias de la severidad en los tratamientos según la prueba múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2).	91
Anexo 21. Análisis de variancia de efectos simples variedad por tratamiento (VT) en variedades del ensayo correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2).	91
Anexo 22. Análisis de variancia de efectos simples variedad por tratamiento (VT) en tratamientos del ensayo correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2).	92

Anexo 23. Análisis de variancia de la severidad evaluada en la zona de Aco (zona 3).	92
Anexo 24. Comparación de medias de las variedades según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Aco (zona 3).	92
Anexo 25. Comparación de medias de los tratamientos según la prueba múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Aco (zona 3).....	92
Anexo 26. Análisis de variancia de efectos simples variedad por tratamiento (VT) en variedades del ensayo correspondiente a la zona de Aco (zona 3).....	93
Anexo 27. Análisis de variancia de efectos simples variedad por tratamiento (VT) en tratamientos del ensayo correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2).	93
Anexo 28. Análisis de variancia de combinado de la severidad evaluada en las tres zonas.	93
Anexo 29. Comparación de medias de la severidad evaluada en las zonas de siembra según la prueba múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$)	93
Anexo 30. Comparación de medias de la severidad en las variedades según la prueba múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).	94
Anexo 31. Comparación de medias de los tratamientos según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del análisis combinado.	94
Anexo 32. Análisis de efectos simples de variedad en cada tratamiento, según la comparación múltiple de Tukey.....	95
Anexo 33. Análisis de correlación de Pearson entre el rAUDPC y el grado de susceptibilidad de las variedades de papa después de las aplicaciones con inductores de resistencia bajo condiciones de campo.....	96
Anexo 34. Plantas de papa variedad Canchán, después de 103 días de sembradas en campo.	97
Anexo 35. Plantas de papa variedad Yungay, después de 103 días de sembradas en campo.	98

Anexo 36. Plantas de papa variedad UNICA, después de 103 días de sembradas en campo.	99
Anexo 37. Plantas de papa variedad Serranita, después de 103 días de sembradas en campo.	100
Anexo 38. Análisis de variancia del rendimiento evaluado en la zona de Pogzogan (zona 1).	101
Anexo 39. Análisis de medias del rendimiento de variedades según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Pogzogan.....	101
Anexo 40. Análisis de medias del rendimiento de los tratamientos según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Pogzogan.....	101
Anexo 41 Análisis de efectos simples de tratamientos x variedades en variedades, con respecto al rendimiento según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Pogzogan.....	101
Anexo 42. Análisis de efectos simples de tratamientos x variedades en tratamientos, con respecto al rendimiento según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Pogzogan.....	102
Anexo 43. Análisis de variancia del rendimiento evaluado en la zona de Santa cruz (zona 2).	102
Anexo 44. Análisis de medias del rendimiento de variedades según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Santa cruz.....	102
Anexo 45. Análisis de medias del rendimiento de los tratamientos según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Santa cruz.....	102
Anexo 46. Análisis de efectos simples de tratamientos x variedades en variedades, con respecto al rendimiento según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Santa cruz.....	103
Anexo 47 Análisis de efectos simples de tratamientos x variedades en tratamientos, con respecto al rendimiento según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Santa cruz.....	103

Anexo 48. Análisis de variancia del rendimiento evaluado en la zona de Aco (zona 3)...	103
Anexo 49. Análisis de medias del rendimiento de variedades según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Aco.....	103
Anexo 50. Análisis de medias del rendimiento de los tratamientos según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Aco.....	104
Anexo 51. Análisis de efectos simples de tratamientos x variedades en variedades, con respecto al rendimiento según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Aco.	104
Anexo 52. Análisis de efectos simples de tratamientos x variedades en tratamientos, con respecto al rendimiento según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Aco.	104
Anexo 53. Análisis combinado de medias del rendimiento de los tratamientos según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$)	105
Anexo 54. Análisis combinado de medias del rendimiento de las zonas evaluadas según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$)	105
Anexo 55. Análisis combinado de medias del rendimiento de variedades según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$)	105
Anexo 56. Análisis combinado de medias del rendimiento de los tratamientos según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$)	105
Anexo 57. Análisis de efectos simples de variedad en tratamientos, según la comparación múltiple de Tukey del análisis combinado.....	106
Anexo 58. Coeficiente de correlación de Pearson ente el rAUDPC y rendimiento de 4 variedades de papa sembradas en tres zonas.	107
Anexo 59. Tubérculos cosechados de plantas variedad Canchán.	108
Anexo 60 Tubérculos cosechados de plantas variedad Yungay.....	109
Anexo 61 Tubérculos cosechados de plantas variedad UNICA.....	110

Anexo 62. Tubérculos cosechados de plantas variedad Serranita	111
Anexo 63. Datos meteorológicos de las tres zonas evaluadas (Pogzogan, Santa Cruz y Aco).	112
Anexo 64. Ingrediente activo, coeficiente de impacto ambiental (EIQ) y dosis de los productos usados en las tres zonas evaluadas.....	113
Anexo 65. Análisis de variancia del porcentaje de infección en tubérculos completos correspondiente a la zona de Pogzogan (zona 1).....	114
Anexo 66. Análisis de medias del efecto de las variedades en el porcentaje de infección en tubérculos completos correspondiente a la zona de Pogzogan (zona 1), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).....	114
Anexo 67. Análisis de medias del efecto de los tratamientos en el porcentaje de infección en tubérculos completos correspondiente a la zona de Pogzogan (zona 1), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).....	114
Anexo 68. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en variedades, correspondiente al ensayo de infección en tubérculos completos en la zona de Pogzogan (zona 1).	114
Anexo 69. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en tratamientos, correspondiente al ensayo de infección en tubérculos completos en la zona de Pogzogan (zona 1).	115
Anexo 70 Análisis de variancia del porcentaje de infección en tubérculos completos correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2).....	115
Anexo 71. Análisis de medias del efecto de las variedades en el porcentaje de infección en tubérculos completos correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).....	115
Anexo 72. Análisis de medias del efecto de los tratamientos en el porcentaje de infección en tubérculos completos correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).....	116

Anexo 73. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en variedades, correspondiente al ensayo de infección en tubérculos completos en la zona de Santa cruz (zona 2).	116
Anexo 74 Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en tratamientos, correspondiente al ensayo de infección en tubérculos completos en la zona de Santa cruz (zona 2).	116
Anexo 75. Análisis de variancia del porcentaje de infección en tubérculos completos correspondiente a la zona de Aco (zona 3).	117
Anexo 76. Análisis de medias del efecto de las variedades en el porcentaje de infección en tubérculos completos correspondiente a la zona de Aco (zona 3), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$)	117
Anexo 77. Análisis de medias del efecto de los tratamientos en el porcentaje de infección en tubérculos completos correspondiente a la zona de Aco (zona 3), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$)	117
Anexo 78 Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VXT) en variedades, correspondiente al ensayo de infección en tubérculos completos en la zona de Aco (zona 3).	117
Anexo 79. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VXT) en tratamientos, correspondiente al ensayo de infección en tubérculos completos en la zona de Aco (zona 3).	118
Anexo 80. Análisis de variancia combinado del ensayo de infección en tubérculos completos para las tres zonas evaluadas.	118
Anexo 81. Análisis de medias de las zonas de siembra según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) para el ensayo de infección en tubérculos completos.	118
Anexo 82. Análisis de medias de las variedades según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) para el ensayo de infección en tubérculos completos.	118
Anexo 83. Análisis de medias de los tratamientos según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) para el ensayo de infección en tubérculos completos.	119

Anexo 84 Análisis de variancia del porcentaje de infección en rodajas de tubérculos correspondiente a la zona de Pogzogan (zona 1).....	119
Anexo 85. Análisis de medias del efecto de las variedades en el porcentaje de infección en rodajas de tubérculos correspondiente a la zona de Pogzogan (zona 1), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).....	119
Anexo 86. Análisis de medias del efecto de los tratamientos en el porcentaje de infección en rodajas de tubérculos correspondiente a la zona de Pogzogan (zona 1), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).....	120
Anexo 87. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en variedades, correspondiente al ensayo de infección en rodajas de tubérculos en la zona de Pogzogan (zona 1).	120
Anexo 88. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en tratamientos, correspondiente al ensayo de infección en rodajas de tubérculos en la zona de Pogzogan (zona 1).	120
Anexo 89. Análisis de variancia del porcentaje de infección en rodajas de tubérculos correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2).....	121
Anexo 90 Análisis de medias del efecto de las variedades en el porcentaje de infección en rodajas de tubérculos correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).....	121
Anexo 91. Análisis de medias del efecto de los tratamientos en el porcentaje de infección en rodajas de tubérculos correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).....	121
Anexo 92. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en variedades, correspondiente al ensayo de infección en rodajas de tubérculos en la zona de Santa cruz (zona 2).	121
Anexo 93. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en tratamientos, correspondiente al ensayo de infección en rodajas de tubérculos en la zona de Santa cruz (zona 2).	122

Anexo 94. Análisis de variancia del porcentaje de infección en rodajas de tubérculos correspondiente a la zona de Aco (zona 3).....	122
Anexo 95. Análisis de medias del efecto de las variedades en el porcentaje de infección en rodajas de tubérculos correspondiente a la zona de Aco (zona 3), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).....	122
Anexo 96. Análisis de medias del efecto de los tratamientos en el porcentaje de infección en rodajas de tubérculos correspondiente a la zona de Aco (zona 3), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).....	123
Anexo 97. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en variedades, correspondiente al ensayo de infección en rodajas de tubérculos en la zona de Aco (zona 3).	123
Anexo 98. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en tratamientos, correspondiente al ensayo de infección en rodajas de tubérculos en la zona de Aco (zona 3).	123
Anexo 99. Análisis de variancia combinado del ensayo de infección en rodajas de tubérculos para las tres zonas evaluadas.	124
Anexo 100. Análisis de medias de las zonas de siembra según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) para el ensayo de infección en rodajas de tubérculos.....	124
Anexo 101. Análisis de medias de las variedades según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) para el ensayo de infección en rodajas de tubérculos.....	124
Anexo 102. Análisis de medias de los tratamientos según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) para el ensayo de infección en rodajas de tubérculos.....	124
Anexo 103. Análisis de correlación de Pearson entre el tejido necrótico (5) evaluado en tubérculos completos y el grado de susceptibilidad foliar de las variedades	125
Anexo 104. Análisis de correlación de Pearson entre el tejido necrótico (5) evaluado en rodajas de tubérculos y el grado de susceptibilidad foliar de las variedades.	125

Anexo 105. Rodajas de tubérculos de papa de la variedad Canchán, Yungay, UNICA y Serranita infectadas después de 7 días de ser inoculadas con <i>P. infestans</i> A. IDR 2, B. IDR 2/Propineb, C. IDR 4, D. IDR 4/Propineb, E. IDR 2/IDR 4, F. Propineb, G. DSS, H. Control.	126
Anexo 106. Análisis de variancia del contenido de fenoles totales en la zona de Pogzogan (zona 1).	128
Anexo 107. Análisis de medias del efecto de las variedades en el contenido de fenoles totales correspondiente a la zona de Pogzogan (zona 1), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$)	128
Anexo 108. Análisis de medias del efecto de los tratamientos en el contenido de fenoles totales en tubérculos completos correspondiente a la zona de Pogzogan (zona 1), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$)	128
Anexo 109. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VXT) en variedades, respecto al contenido de fenoles totales en la zona de Pogzogan (zona 1).	128
Anexo 110. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VXT) en tratamientos, respecto al contenido de fenoles totales en la zona de Pogzogan (zona 1).	129
Anexo 111. Análisis de variancia del contenido de fenoles totales en la zona de Santa cruz (zona 2).	129
Anexo 112 Análisis de medias del efecto de las variedades en el contenido de fenoles totales correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$)	129
Anexo 113 Análisis de medias del efecto de los tratamientos en el contenido de fenoles totales correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$).....	129
Anexo 114. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en variedades, respecto al contenido de fenoles totales en la zona de Santa cruz (zona 2).	130

Anexo 115. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en tratamientos, respecto al contenido de fenoles totales en la zona de Santa cruz (zona 2).	130
Anexo 116. Análisis de variancia del contenido de fenoles totales correspondiente a la zona de Aco (zona 3).....	130
Anexo 117. Análisis de medias del efecto de las variedades en el contenido de fenoles totales correspondiente a la zona de Aco (zona 3), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$)	130
Anexo 118. Análisis de medias del efecto de los tratamientos en el contenido de fenoles totales correspondiente a la zona de Aco (zona 3), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$)	131
Anexo 119. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en variedades, respecto al contenido de fenoles totales en la zona de Aco (zona 3)	131
Anexo 120. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en tratamientos, correspondiente al contenido de fenoles totales en la zona de Aco (zona 3).	131
Anexo 121. Análisis combinado de variancia respecto al contenido de fenoles totales para las tres zonas evaluadas.	131
Anexo 122 Análisis de medias de las zonas de siembra según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$) respecto al contenido de fenoles totales.	132
Anexo 123. Análisis de medias de las variedades según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$) respecto al contenido de fenoles totales en tubérculos de papa.....	132
Anexo 124. Análisis de medias de los tratamientos según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$) respecto al contenido de fenoles totales en tubérculos de papa.....	132
Anexo 125. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en variedades, correspondiente al contenido de fenoles totales en tubérculos de papa	132

RESUMEN

La papa es uno de los cultivos más importantes del país, siendo el principal factor sanitario limitante la enfermedad de la racha. El objetivo del trabajo fue determinar la eficacia y la eficiencia de los inductores de resistencia (IDR) para el control de *P. infestans* en el cultivo de papa. Para el experimento en laboratorio e invernadero, se usaron plantas de la variedad susceptible Yungay, que fueron aplicadas con uno de los productos comerciales: IDR 1 (i.e. Oxido de silicio), IDR 2 (Fosfito de potasio), IDR 3 (Ácidos orgánicos) y IDR 4 (Lignosulfonato de aluminio), además de un tratamiento control (agua). Después de 1, 2, 3, 7 y 15 días de aplicados los tratamientos fueron inoculados con *P. infestans*. Debido a la alta protección del follaje obtenido con IDR 2 y IDR 4, ambos fueron empleados en el experimento en campo. Los tratamientos empleados fueron IDR 2, IDR 4 y/o fungicida de contacto (FC) (solo o alternado) y el uso de *Decision Support System* (DSS; fungicidas sistémicos y/o contacto). Se evaluó semanalmente la severidad de la enfermedad y se calculó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (RAUDPC). Se registro el rendimiento y se calculó el impacto ambiental (IA) y la tasa de retorno marginal (TRM) para todos los experimentos. Los tubérculos cosechados fueron inoculados con el patógeno en el laboratorio, donde se evaluó el porcentaje de tejido necrótico. En conclusión, se determinó que los tratamientos más efectivos (bajo RAUDPC, alto rendimiento y bajo IA) y eficientes (TRM>50%) para el control de la enfermedad en variedades susceptibles fueron aplicaciones solas y alternadas de IDR 2 y FC. Para la variedad moderadamente resistente fueron aplicaciones de IDR 2 y IDR 4 alternado con FC, and solo FC y para la variedad resistente fue aplicaciones del FC. Además, tubérculos provenientes de plantas tratadas con IDRs resultaron en un menor porcentaje de tejido necrótico que el tratamiento control.

Palabras claves: Impacto ambiental, Severidad, *Solanum tuberosum*, Susceptibilidad.

ABSTRACT

Potato is one of the most important crop in Peru and the main phytosanitary factor limiting is late blight (LB), disease caused by the oomycete *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. The objective of this work was to determine the effectiveness and efficiency of resistance inductors (RIs) to LB control. In laboratory and greenhouse experiments, plantlets of susceptible cv. Yungay were sprayed with one of the following commercial product: RI 1 (a.i silicon oxide), RI 2 (potassium phosphite), RI 3 (organic acids) and RI 4 (aluminum lignosulphonate) and compared to a control treatment (only water). Plantlets were inoculated with *P. infestans* at 1, 2, 3, 7 and 15 days after application RI products. High foliage protection values were obtained with RI 2 and RI 4, so these two products were selected to be sprayed in four potato cultivars with different levels of susceptibility on field experiments. Treatments included RI 2, RI 4 and/ or contact fungicide (CF) (alone or alternated) and a decision support system (DSS, using systemic and/or CF). Evaluations of disease severity were recorded weekly and the relative area under the disease progress curve (RAUDPC) was calculated furtherly. Yield data, Environmental impact (EI) and Marginal Rate of Return (MRR) were registered and calculated in all experiments. Tubers harvested in the field experiment were taken to the laboratory and then inoculated with *P. infestans*, with the aim of evaluate the necrotic tissue percentages. In conclusion, the most effective (low RAUDPC, high yield and low EI) and efficient (MRR > 50%) treatments were RI 2 and CF alone or alternated in susceptible cultivars; RI 2 and RI 4 alternated with CF, and CF only in a moderately resistant cultivar; and CF only in a resistant cultivar. In addition, tubers from plants sprayed with RIs resulted in lower values of necrotic tissue than the control treatment.

Keywords: Environmental impact, Severity, *Solanum tuberosum*, Susceptibility

I. INTRODUCCIÓN

La papa es sin duda uno de los cultivos más importantes del país en términos de área sembrada (367,692 ha/anual), número de productores que dependen de ella (730,300), aporte a la economía nacional (11% del PBI agrícola) y consumo per cápita (87 kg/hab/año), así mismo se produce en 19 de los 24 departamentos del Perú, lo cual demuestra su plasticidad en términos de adaptación (INEI, 2012).

El mayor factor sanitario limitante en la producción de este cultivo es la racha, enfermedad causada por el oomicete *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, que a nivel mundial ocasiona pérdidas anuales estimadas en aproximadamente 10 billones de euros (Haverkort et al., 2009).

En algunas regiones de los países andinos esta enfermedad es difícil de manejar debido a las condiciones climáticas y a la producción continua del cultivo, la cual debe ser protegida desde la emergencia (Kromann et al., 2008), esta situación es agravada por la baja capacidad económica de los agricultores para manejar la enfermedad (Andrade-Piedra et al., 2009) y la baja resistencia genética de las variedades más comerciales que requieren de aplicaciones periódicas de fungicidas para lograr una producción adecuada (Forbes, 2012; Haverkort et al., 2009).

Actualmente el método más utilizado para manejar la racha es el uso de fungicidas, que tiene un impacto negativo sobre el ambiente cuando son utilizados indiscriminadamente y sin ningún criterio técnico (Haverkort et al., 2009).

Un método para disminuir las infecciones de la racha sin ocasionar un impacto negativo en la salud de las personas y sobre el ambiente, podría ser la resistencia inducida que estimule la autodefensa de las plantas a través de diferentes mecanismos relacionados a la formación de barreras físicas tales como la acumulación de lignina o a barreras químicas como la acumulación de proteínas PR (Proteínas relacionadas con la patogénesis), fitoalexinas y

fenoles, así como la activación de genes de defensa de las rutas del ácido salicílico y ácido jazmónico/etileno SA y JA/ET (Jones and Dangl, 2006).

Los inductores abióticos, también denominados inductores químicos, actualmente constituyen una nueva clase de pesticidas, llamados “fungicidas de cuarta generación” por su efecto completamente diferente al de los fungicidas conocidos hasta el momento, esta diferencia se basa principalmente en el mecanismo de acción de los inductores de resistencia (IDR), ya que en su mayoría son compuestos naturales de origen biológico sintetizadas en laboratorio y que se aplican externamente sobre las plantas (Tremacoldi, 2008).

El objetivo general del presente trabajo fue el de contribuir con el mayor conocimiento sobre la eficacia de los inductores de resistencia (IDR) como nuevo componente en el manejo integrado de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) y como objetivos específicos: Determinar la eficacia de cuatro IDR comerciales en el control de la racha bajo condiciones de laboratorio e invernadero.

Establecer la estrategia más adecuada para el manejo de la racha mediante el uso IDRs en condiciones de campo y Determinar el efecto varietal y del ambiente en la inducción de resistencia contra la racha.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El cultivo de papa

La “Papa” *S. tuberosum* L. (Solanaceae) es el cuarto alimento más importante del mundo, superado únicamente por el arroz, trigo y maíz en términos de producción total de alimento, además tiene la capacidad de producir más energía y proteínas por unidad de área que cualquier otro alimento (de Haan, 2012)

La papa es sin duda uno de los cultivos más importantes del país en términos de área sembrada (367,692 ha/anual), número de productores que dependen de ella (730,300), aporte a la economía nacional (11% del PBI agrícola) y consumo per cápita (87 kg/hab/año (INEI, 2012).

2.1.1. Origen y distribución

La papa es originaria de la cordillera de los Andes pudiendo ser encontrada hasta los 4300 msnm (Spooner et al., 2005), crece favorablemente en regiones templadas, subtropicales y tropicales de todo el mundo, y se produce en 19 de los 24 departamentos del Perú, lo cual demuestra su plasticidad en términos de adaptación (de Haan, 2012).

Se considera que *S. tuberosum* ssp *andigenum* se originó en el sur de Perú, en los límites de Bolivia a partir del complejo *S. brevicaulis*, y la subespecie *tuberosum* en las tierras bajas de la parte central de Chile (Spooner et al., 2005).

En el suroeste de Estados Unidos y Centro América hay unas 200 especies de papas silvestres, que generalmente se encuentran en altitudes que van de medias a altas; mientras que en Sudamérica se localizan a lo largo de los Andes desde Venezuela hasta el noroeste de Argentina y en las tierras bajas de Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay y el sureste de Brasil (Hawkes, 1994).

2.1.2. Crecimiento y desarrollo del cultivo

El crecimiento es el incremento irreversible en número o dimensión de una célula, tejido, órgano, individuo o comunidad, mientras que el desarrollo de una planta se manifiesta a través de una serie de etapas fenológicas, Dwelle, (2003) clasifica estas etapas en desarrollo de brote, establecimiento de la planta, inicio de tuberización, llenado y maduración del tubérculo, la duración de cada fase depende del genotipo, factores ambientales (altitud, temperatura, tipo de suelo, disponibilidad de humedad) y de la localidad.

En la primera etapa (desarrollo del brote), los tubérculos han dejado la condición de reposo y tienen la capacidad de brotar, siempre que las condiciones ambientales sean favorables para el crecimiento, la segunda etapa (establecimiento de la planta) se refiere al periodo comprendido entre la brotación y la iniciación del tubérculo, caracterizada por el crecimiento de hojas y ramas en la parte aérea, y de raíces y estolones en la parte subterránea; la tercera etapa (inicio de tuberización), comprende a la formación del tubérculo en la punta del estolón, no obstante que su crecimiento puede ser imperceptible (Dwelle, 2003).

En muchas variedades, el término de este evento coincide con el inicio de la floración, en la cuarta etapa (llenado del tubérculo), las células de la papa se expanden debido a la acumulación de agua, nutrientes y carbohidratos, el tubérculo llega a ser el sitio dominante en la deposición de carbohidratos y compuestos inorgánicos, este es el periodo de crecimiento crítico para el rendimiento y calidad del tubérculo y los factores que afectan son la temperatura, fertilización, edad fisiológica, la distancia entre plantas, fechas de siembra, riego e incidencia de plagas y enfermedades (Dwelle, 2003).

En la quinta etapa (madurez del tubérculo), el follaje cambia a color amarillo y es acompañado por la pérdida de hojas, ocurre una disminución en la fotosíntesis, el crecimiento del tubérculo se hace más lento y alcanza la mayor acumulación de materia seca, además de un engrosamiento del peridermo o piel (Dwelle, 2003).

En algunos estudios se destaca la importancia de la tuberización en papa, ya que es un proceso complejo que involucra a diferentes sistemas biológicos, y que puede tener influencia importante sobre aspectos que incluyen al rendimiento, madurez para cosecha, desarrollo de enfermedades y defectos relacionados (Lulai, 2004).

2.1.3. Variedades de papa

A partir de los años 20 surge interés por conocer la variabilidad genética de las solanáceas y se promueve la formación de expediciones colectoras, llegándose a conocer la serie poliploide de la papa, entre 1926 y 1928, los científicos rusos S.M. Bukasov y S.V. Yuzepchuk colectaron en Perú, Bolivia y Chile (Loskutov, 1999), y en 1939, el famoso taxónomo de papa J.G. Hawkes realizó colectas en Perú.

El mejoramiento genético de la papa en el Perú se inicia en los años cuarenta con Carlos Ochoa, el primer mejorador, quien realizó entre 1947 y 1952 una selección masal entre variedades nativas y obtuvo las primeras variedades comerciales mejoradas de alto rendimiento y buena calidad (de Haan, 2012).

Con la llegada de la Misión de Carolina del Norte y la creación del Centro Internacional de la Papa (CIP), el enfoque comenzó a orientarse a la obtención de variedades de alto rendimiento, buena calidad, y con resistencia a los factores bióticos y abióticos que la afectan, como la racha, el nematodo del quiste, los virus PVX, PVY, PLRV, la tolerancia a las heladas y la adaptación a diversos ambientes (de Haan, 2012).

En la actualidad, el Programa Nacional de Papa del INIA según las estadísticas del Ministerio de Agricultura (Flor, 1971), ha logrado liberar diversas variedades de papa empleando los clones avanzados generados por el CIP, lo cual ha permitido incrementar la media del rendimiento nacional hasta 13.00 t/ha, liberándose nuevas variedades con resistencia a racha, como Amarilis, Serranita, Perricholi, Pallay Poncho, Chucmarina, Antañita; otras con tolerancia a heladas, como Altiplano; con buena calidad para la industria de hojuelas, como María Bonita; con resistencia al nematodo del quiste como Wankita; y con buena aceptación del mercado, como Canchán (de Haan, 2012)

2.2. Resistencia a *P. infestans* (Mont.) de Bary

Existen dos tipos de expresión de resistencia en plantas de papa contra *P. infestans*, resistencia cualitativa y resistencia cuantitativa.

La resistencia cualitativa es conferida por los genes R, de acuerdo al modelo gen por gen (Flor, 1971), que activa la inmunidad de la planta y desencadena una respuesta de hipersensibilidad (HR) (Kamoun et al. 1999, Jones and Dangl, 2006). Los genes específicos R fueron encontrados primero en especies de papa silvestre (*S. demissum* Lindl.) y después introducidas en variedades comerciales (Black et al., 1953; Malcolmson and Black, 1966).

La evaluación de la virulencia no es tan fácil debido a que muchos factores influyen en la expresión de los genes-R en papa, tales como la edad de la planta, posición de la hoja de prueba, fuente del inóculo, medio de crecimiento de mantención del patógeno, concentración de esporas y rango de condiciones ambientales, tales como humedad, temperatura e intensidad de luz (Carnegie and Colhoun, 1982; Hodgson and Sharma, 1967; Rubio-Covarrubias et al., 2005; Sobkowiak et al., 2013; Victoria, 1974).

El segundo tipo de resistencia es denominado como general o cuantitativa y está gobernado por múltiples genes, presenta un desarrollo más lento de la enfermedad, la cual resulta en una menor eficiencia de infección, lesiones pequeñas, menor esporulación y un periodo más largo de latencia (Umaerus, 1970; Wastie, 1991).

Algunos autores propusieron la hipótesis de que existe algún grado de especificidad de raza para los dos tipos de resistencia, además se ha identificado la adaptación para mayor agresividad del patógeno en genotipos del hospedante con resistencia general (Pérez and Forbes, 2008b).

2.3. Rancho de la papa

La rancho es una enfermedad policíclica, es decir que presenta diferentes ciclos de infección y producción del inóculo durante una estación de crecimiento, así el nivel de infección se espera que incremente proporcionalmente para la cantidad inicial y la cantidad del nuevo inóculo producido durante la estación de crecimiento, así mismo la cantidad de producción de inóculo depende del hospedero, patógeno, el ambiente y las condiciones de manejo (Beaumont, 1947; Goodwin, S.B. et al., 1995).

2.3.1. *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary

Es el agente causal de la mancha, su nombre se deriva de las palabras griegas *Phyto*=planta, *Phthora*=destructor, este patógeno, miembro de la clase Oomyceta, pertenece al reino Cromista, y está relacionado filogenéticamente con las diatomeas y algas pardas (Pérez and Forbes, 2008b).

La pared celular de los Oomycetes contiene principalmente celulosa y β -glucanos antes que quitina y no contiene capacidad de sintetizar los esteroides, estas características hacen suponer que los Oomycetes han coevolucionado a partir de las líneas diferentes de los hongos superiores como Ascomycetes y Basidiomycetes (Pérez and Forbes, 2008b).

2.3.1.1. Morfología

El micelio es cenocítico, es decir no presenta septas o tabiques que separen el micelio, los esporangios son ovoides, elipsoidales a limoniformes, ahusados en la base, caducos, con un pedicelo menor de 3 μ m y semipapilados y su tamaño varía de 36 x 22 μ m a 29 x 19 μ m. y los esporangióforos son de crecimiento continuo, con un pequeño hinchamiento justo debajo del esporangio (Pérez and Forbes, 2008b).

P. infestans es heterotálico con dos tipos de apareamiento, A1 y A2; los aislamientos de cada tipo son bisexuales y autoincompatibles, por lo que se han reportado diferentes grados de “masculinidad” y “femineidad” dentro de este patógeno, así, aislamientos que son fuertemente “masculinos” formarán más anteridios que oogonios y los que son fuertemente “femeninos” formarán más oogonios que anteridios, mientras que algunos aislamientos presentan tendencias equilibradas (Pérez and Forbes, 2008b).

Las oosporas formadas en las hojas tienen un diámetro promedio de 30 μ m (24 – 35 μ m) y las formadas en medio de cultivo, entre 24 a 56 μ m de diámetro (Pérez and Forbes, 2008a). Los Hinchamientos hifales o clamidosporas no han sido reportados en este patógeno, sólo en un artículo publicado en Rusia se reportan clamidosporas después de un periodo de incubación de 4 a 9 meses en medio de cultivo a 9-10°C (Erwin and Ribeiro, 1996).

2.3.1.2. Ciclo de vida

La forma asexual de *P. infestans* es esencialmente un parásito obligado en la naturaleza, los micelios pueden sobrevivir por periodos cortos en los cultivos abandonados, pero en general el patógeno requiere un hospedero para vivir (cultivado o silvestre) para la supervivencia a largo plazo y no puede pasar el invierno si el hospedero no está disponible, sin embargo en algunas localidades donde ocurre la reproducción sexual, la oospora puede sobrevivir por meses o años en la ausencia de un hospedero (Bashi, 1982; Drenth et al., 1995).

La forma asexual se desarrolla en agua libre y con bajas temperaturas, los esporangios germinan indirectamente produciendo alrededor de 8-12 zoosporas uninucleadas y biflageladas y son liberadas cuando se rompe la pared esporangial a nivel de su papila, lo cual permite a las zoosporas nadar libremente (Pérez and Forbes, 2008b).

Las zoosporas tienen dos flagelos diferentes: uno de los flagelos es largo y en forma de látigo, en tanto que el otro es más corto y ornamentado, con dos filas laterales de pelos en el extremo lo que les permite enquistarse sobre superficies sólidas, es decir, se detienen, adquieren una forma redondeada y forman una pared celular, luego, en presencia de humedad, pueden desarrollar un tubo germinativo y penetrar a la hoja por los estomas, o formar el apresorio (Pérez and Forbes, 2008b).

En la forma sexual los gametangios se forman en dos hifas separadas, por lo que *P. infestans* es heterotálico, así, ambos tipos de apareamiento A1 y A2, deben estar presentes para que ocurra la reproducción sexual y la unión de los gametos ocurre cuando el oogonio atraviesa el anteridio y ocurre la plasmogamia, esto conduce a la fertilización y al desarrollo de una oospora con paredes celulares gruesas que puede sobrevivir en los rastrojos, bajo condiciones favorables (Pérez and Forbes, 2008b). La diversidad genética generada por la reproducción sexual puede llevar a genotipos más agresivos (Goodwin et al., 1995).

2.3.2. Síntomas de la enfermedad

La enfermedad aparece primero como lesiones irregulares verde pálidas, cerca al ápice y bordes de las hojas, esas lesiones crecen rápidamente convirtiéndose en manchas necróticas (Figura 1), durante las horas de la mañana un moho blanco que consta de esporas y esporangios del patógeno, pueden ser observados en la superficie inferior de las hojas

infectadas, las lesiones jóvenes son pequeñas (2-10 mm), de forma irregular y pueden estar rodeadas por un pequeño halo y a medida que crecen las lesiones, estas se vuelven más circulares hasta limitar con los márgenes de las hojas (Forbes et al., 2014a).

En los tallos y pecíolos (Figura 1) las lesiones son necróticas, alargadas de 5 – 10 cm de longitud, de color marrón a negro, generalmente ubicadas desde el tercio medio a la parte superior de la planta y presentan consistencia vítrea, cuando la enfermedad alcanza todo el diámetro del tallo, éstas se quiebran fácilmente y en condiciones de alta humedad también hay esporulación sobre estas lesiones, pero no muy profusa como se presenta en las hojas (Pérez and Forbes, 2008b).

En los tubérculos (Figura 1) afectados se observan áreas irregulares, ligeramente hundidas, la piel toma una coloración marrón rojiza y al corte transversal se pueden observar unas prolongaciones delgadas que van desde la superficie externa hacia la médula a manera de clavijas y en estados avanzados se nota una pudrición de apariencia granular de color castaño oscuro a parduzco, en estas condiciones puede ocurrir una pudrición secundaria causada por otros hongos (*Fusarium* spp.) y bacterias (*Erwinia* spp, *Clostridium* spp. etc), provocando la desintegración del tubérculo y haciendo difícil el diagnóstico (Pérez and Forbes, 2008b).



Figura 1. Síntomas de la rancha en Hojas, tallo y tubérculos.
Fuente Forbes et al. (2014a).

2.4. Inductores de resistencia

La aplicación exógena de inductores de resistencia (IDRs) pueden activar las defensas de las plantas y según Dugé de Bernonville et al. (2014) la plena integración de los IDR en las prácticas agrícolas requiere métodos para la rápida y objetiva detección de IDR que sean eficientes y se haya optimizado su aplicación.

La inducción de resistencia puede ser obtenida a través del uso de productos naturales, de origen vegetal o fúngico, y esto ha sido una ventaja para permitir una respuesta al ataque de un amplio rango de patógenos, porque no tienen mecanismos de acción específicos (Graham and Myers, 2011; Madhusudhan et al., 2008). Así mismo los elicitores o inductores son definidos como moléculas presentes en un organismo o producidos por la misma planta y cuya función incluye la generación de las respuestas de defensa (Sudhamoy, 2010).

Diferentes estudios han mostrado que los inductores de resistencia activan mecanismos de defensa en muchas especies estudiadas. Madhusudhan et al. (2008) empleó pretratamientos de Acibenzolar-Smethyl (ASM) en plantas de tabaco y tomate y redujo la concentración de *Tomato mosaic virus* (ToMV) y *Tobacco mosaic virus* (TMV), a través de mecanismos que involucran la inducción de genes RdRp (RNA dependiente RNA Polimerasa) y AOX (Oxidasa alternativa).

Por otro lado, la resistencia inducida en plantas de berenjena (*S. melongena* L.) a *Ralstonia solanacearum* fue estudiada por Sudhamoy, (2010) quién determinó que el incremento en el contenido total fenólico y de lignina en la pared celular en raíces de las plantas fue altamente significativo, así mismo observó un incremento de la actividad de fenil alanina amonio-liasa (PAL) y alta actividad de peroxidasa (POD) después de 24 h de aplicado Quitosan (CHT) y Ácido salicílico (SA).

2.4.1. Inductores de resistencia químicos, orgánicos e inorgánicos

El interés en las moléculas estimuladoras de los mecanismos de defensa de la planta surgió por el potencial de disminuir y/o evitar el riesgo de emergencia de poblaciones de patógenos o plagas resistentes a productos químicos, contrarrestar parcialmente los daños químicos ocasionados a la planta por los pesticidas y finalmente originar aumento del rendimiento de las cosechas (Barbosa et al., 2008).

Los inductores abióticos, también denominados inductores químicos, actualmente constituyen una nueva clase de pesticidas, llamados “fungicidas de cuarta generación” por su efecto completamente diferente al de los fungicidas conocidos hasta el momento (Tremacoldi, 2008). Esta diferencia se basa principalmente en el mecanismo de acción de los inductores, en su mayoría son compuestos naturales de origen biológico sintetizadas en laboratorio y que se aplican externamente sobre las plantas (Tremacoldi, 2008).

2.4.2. Inducción de resistencia usando ácidos orgánicos

El inductor de resistencia comercial más conocido es Acibenzolar-S-methyl (ASM), análogo estructural y funcional del ácido salicílico, este induce resistencia en varias especies de plantas contra un amplio espectro de virus, bacterias, hongos y nematodos patogénicos, los estudios mostraron una rápida expresión de los genes relacionados a la resistencia, tales como glucanasas y quitinasas cuando se usaron estos productos (Dietrich et al., 2005).

Aplicaciones foliares de ASM, solo o en combinación con cobre sobre plantas de tomate y pimiento mostraron resultados prometedores en el control de enfermedades bacterianas (Louws et al., 2001; Romero and Ritchie, 2004).

La acción del inductor químico ASM en el cultivo de tomate previno completamente la ocurrencia de síntomas típicos de mancha bacteriana del tomate producida por *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, la pérdida de electrolitos y los estudios de la dinámica de la población del patógeno confirmaron que las plantas de tomate tratadas con ASM respondieron a la inoculación por elicitores en una HR (respuesta de hipersensibilidad) (Obradovic et al., 2005).

La aplicación foliar de ASM en cítricos fue efectivo contra el cancro bajo condiciones de invernadero, pero las aplicaciones foliares de ASM combinados con oxiclورو de cobre no contribuyeron al control de la enfermedad sobre árboles de naranja dulce en ensayos en campo (Graham and Leite, 2004).

La expresión de proteínas de genes relacionados con la patogénesis (PR) (b-1,3 glucanasas) y PR-2, en los cítricos incremento en respuesta a ASM y al ácido isonicotínico (INA), la respuesta de PR-2 y la reducción de lesiones producidas por la enfermedad bacteriana después de la aplicación foliar con estos productos se mantuvo durante sólo unas pocas

semanas (Burns et al., 2004), mientras que ASM indujo a la expresión del ácido PR-1 en tomate por 7-10 días (Herman et al., 2007). De la misma forma Louws et al. (2001), confirmaron que las aplicaciones foliares se requieren a intervalos semanales para el control en campo de la mancha foliar producida por *Xanthomonas* y *Pseudomonas* en tomate.

La eficacia del ácido hexanoico (Hx) como un inductor de resistencia en plantas de tomate contra *Pseudomonas syringae* pv. *Tomato* DC3000 fue demostrado por Scalschi et al. (2014), quienes en su trabajo proporcionaron la primera demostración de la respuesta del patógeno a los cambios observados en las plantas después de la aplicación del producto, no sólo en términos del tamaño de la población, sino también de los niveles de transcripción de genes implicados en la detección la patogénesis.

2.4.3. Inducción de resistencia usando sales de fosfato

Las sales de fosfato dibásicas y tribásicas brindan una protección sistémica contra antracnosis en pepino causado por *Colletotrichum lagenarium* (Gottstein and Kué, 1998), trabajos posteriores demostraron un amplio espectro de control de enfermedades en pepino usando fosfitos (Mucharromah and Kuc, 1991).

Se especuló que los fosfitos básicos aplicados a plantas pueden secuestrar calcio apoplástico, alterando la integridad de la membrana e influenciando en la actividad de las enzimas apoplasticas tales como poligalacturonasas, liberando de este modo elicitores-activos de la pared celular de las plantas (Gottstein and Kué, 1998; Walters and Murray, 1992).

En efecto el trabajo subsecuente de Orober et al. (2002) demostró que la inducción de resistencia mediada por fosfatos en pepino fue asociada con la muerte celular localizada, precedido por una generación rápida de superóxido y peróxido de hidrogeno, estos trabajos también detectaron el incremento localizado y sistémico en los niveles de SA libre y conjugada después de la aplicación de fosfitos (Orober et al., 2002).

Recientes trabajos sobre la infección de *Blumeria graminisen* en cebada mostraron que la aplicación de fosfitos en las primeras hojas reduce la infección en 89% en las segundas hojas y que se incrementa significativamente la actividad de fenilalanina amonio liasa (PAL), peroxidasa y lipoxigenasa en las segundas hojas (Mitchell and Walters, 2004).

Los fosfitos también muestran un control de enfermedades bajo condiciones de campo, la aplicación de K_2HPO_4 en arroz reduce la pudrición del cuello causado por *Pyricularia oryzae* entre 29 y 42% lo cual incrementó la producción de grano entre 12 y 32% (Manandhar et al., 1998), el fosfito (K_2HPO_4 , 25mM) aplicado en cebada en ensayos de campo, redujo la infección por *Blumeria graminis* por encima del 70% y logro un incremento en la producción de grano de 12% comparado con el control no tratado (Mitchell and Walters, 2004), en pepinos hidropónicos, el fosfito aplicado a 20 ppm redujo la infección por *Sphaerotheca fuliginea* hasta 91% en número de conidios sobre hojas infectadas (Reuveni et al., 2000) y en papa, en ensayos para el control de la racha, la eficacia de los productos fosfatados comerciales fue superior a la de los fungicidas de contacto (Kromann et al., 2012).

2.4.4. Inducción de resistencia usando Silicio

A principios de 1990, la primera evidencia del rol del Silicio (Si) como una barrera mecánica fue reportando en dicotiledóneas. Samuels et al. (1991), uso un sistema patológico fúngico en pepino y demostró que dentro de un corto periodo de tiempo después de que se detuviera las aplicaciones de Si, todos los efectos profilácticos se perdieron.

Datos adicionales reportados por Chérif et al. (1992) contradicen el papel pasivo de Si contra la colonización de hongos, aunque el Si no se acumuló en los sitios de infección bajo condiciones de humedad saturada, los pepinos tratados con Si resistieron más eficazmente contra *Pythium*. Cherif, (1994) propuso que el Si soluble activa mecanismos de defensa en pepino contra *Pythium* por el incremento de actividad de la quitinasa, peroxidasa y polifenoloxidasas, y el aumento de la acumulación de compuestos fenólicos.

Fawe et al. (1998) demostró el aumento de la producción de fitoalexinas en plantas tratadas con Si, Fawe et al. (2001) propuso que Si desempeñó un rol activo en el refuerzo de la resistencia a enfermedades de las plantas mediante la estimulación de reacciones naturales de defensa.

El Grupo Datnoff (Rodrigues et al., 2003), trabajó con el cultivo de arroz en Florida (USA), y reportó evidencia citológica de que la resistencia mediada por Si contra *Magnaporthe grisea* esta correlacionado con reacciones específicas de células foliares que interfieren con el desarrollo del hongo. El mismo grupo asoció la infección del arroz por *M. grisea*, con la

acumulación de compuestos antimicrobianos en los sitios de infección, incluyendo las fitoalexinas diterpenoides en las plantas tratadas con Si. (Rodrigues et al., 2004).

En base a las observaciones hechas en pepino, Fawe et al. (2001) sugirió un modelo para explicar cómo el Si desempeñaría un papel en la RI, de acuerdo al modelo, la bioactividad del Si se comparó con la de activadores conocidos/mensajeros secundarios de la resistencia sistémica adquirida (SAR), y estos actuaron como influyentes moduladores de la sincronización y el grado de respuesta de defensa de las plantas al igual que los mensajeros secundarios, los efectos del Si sobre el metabolismo secundario son significativos solo después de la elicitación; tanto el Si como los activadores desconocidos se caracterizan por un efecto saturable, y una diferencia entre ellos es la pérdida de activación cuando la asimilación de Si es interrumpida, ya que la polimerización conduce a su inactivación como inductor de resistencia, estos puntos de comparación llevó a los autores a proponer que el Si actúa como una señal en la respuesta de defensa inducida.

2.5. Factores que influyen la expresión de resistencia inducida (RI).

Existen reportes de que la resistencia inducida no siempre controla la enfermedad, así después de 2 años de ensayos en campo con ocho diferentes variedades de cebada de invierno Huth and Balke (2002) concluyeron que ASM no indujo resistencia a *Cebada yellow dwarf virus* y bajo condiciones controladas ASM no indujo resistencia contra *P. brassicae* en *Arabidopsis* y a *P. infestans* en papa (Si-Ammour et al., 2003).

En una evaluación del efecto de diferentes agentes de control de *X. axonopodis* pv. *citrumelo* y *X. axonopodis* pv *Citrus* en naranja dulce, ASM y proteínas Harpin fallaron en proporcionar un control significativo de la enfermedad (Graham and Leite, 2004).

2.6. Efectos del genotipo sobre la expresión de la resistencia inducida.

En las monocotiledóneas la activación de la resistencia por ASM es duradera (Oostendorp et al., 2011), mientras que los efectos perdurables son menos frecuentes en las dicotiledóneas. Según Mitchell and Walters (2004), uno de los primeros trabajos que evaluó los efectos del genotipo en la RI, reporta que la reducción de la infección en cebada se dio en una variedad específica, seguido de los tratamientos con cultivo filtrado de *B. subtilis* y fue evidente en variedades parcialmente resistentes.

Por otro lado Martinelli et al. (2014) estudiaron la resistencia en cebada, inducida por una inoculación previa de un aislado avirulento de *Blumeria graminis* f. sp. hordei; para ello usaron cepas de líneas isogénicas de cebada y cada uno de las variedades poseían cuatro diferentes genes de resistencia específica, encontrando que la RI se expresa como la reducción del número de colonias formadas, difiriendo en las líneas que llevan diferentes genes de resistencia específicas para la raza, siendo más eficaz en líneas con el gen Mla7 y menos efectiva en líneas con el gen Mla13; cuando la RI fue medida en el último estado de infección, como una reducción en la producción de esporas, el efecto fue mayor en las líneas Mla7 y fue débil en las líneas Mla6 y Mlh.

La resistencia en pepinos contra *Sphaerotheca fuliginea*, inducido por tratamientos con INA también fue dependiente de la variedad, así niveles altos de expresión de RI fue obtenida en una variedad parcialmente resistente y niveles menores en la variedad susceptible (Hijwegen and Verhaar, 1995). Resultados diferentes fueron obtenidos por Dann et al. (1998) en soya, ellos encontraron que la resistencia a *Sclerotonia sclerotiorum* inducidos por tratamientos con INA o ASM fue mayor en variedades susceptibles, de igual modo mostraron que la resistencia inducida no está relacionada a la resistencia de genes mayores y que las diferencias depende de la expresión de la inducción de la resistencia (Stadnik and Buchenauer, 1999).

El efecto de ASM en la reducción de la ocurrencia de mutantes de *X. axonopodis* pv. vesicatoria que expresan los genes de resistencia mayores (R) en pimiento fueron examinados por Romero and Ritchie, (2004) en experimentos en campo, ellos encontraron el decrecimiento de la severidad de la enfermedad por tratamientos con ASM que fue asociado con la supresión de la causal de la enfermedad. Efectos genotípicos sobre la expresión de ISR por PGPR también han sido demostrados en *Arabidopsis thaliana*, por cepas de *Pseudomonas fluorescens* WCS417 (Ton et al., 1999; Van Wees et al., 1997)

2.7. Efectos ambientales y la resistencia inducida.

La resistencia inducida (RI) requiere la translocación de reservas del crecimiento y desarrollo hacia las defensas de la planta, las restricciones sobre la disponibilidad de tales reservas pueden ejercer un impacto sobre la resistencia inducida (Heil et al., 2000).

En recientes trabajos se demostró que las reservas asociados con el uso de ASM sobre trigo fue mayor, cuando el suplemento de nitrógeno fue limitado, en recientes trabajos, el suplemento de nitrógeno mostró un efecto marcado sobre la expresión de RI en *Arabidopsis* (Dietrich et al., 2004).

Los niveles constitutivos de quitinasa y peroxidasa en plantas inducidas por tratamientos de ASM fueron significativamente menores bajo un suplemento de nitrógeno limitado, aunque la actividad máxima de quitinasa no presentó diferencias significativas en las plantas inducidas, la inducción de la cinética de la enzima fue severamente afectada por la limitación de nitrógeno, además el contenido de proteínas solubles totales disminuyo significativamente durante las primeras 12 h de aplicado el tratamiento de ASM (Dietrich et al., 2004).

Por otro lado, el desarrollo de SAR en *A. thaliana* en respuesta a la infección de bacterias avirulentas fue inactivado cuando el proceso de infección primaria ocurrió en ausencia de luz (Griebel and Zeier, 2008) y el efecto de la RI sobre la producción de la semilla fue influenciado por condiciones ambientales tales como el suplemento de nitrógeno, estrés hídrico, y competencia con otras plantas (Dietrich et al., 2005).

Se conoce que algunas veces la exposición a estreses abióticos puede influenciar la resistencia de las plantas frente a patógenos, Ayres, (1984), propuso dos posibles resultados de tales interacciones, el primero fue la posibilidad que el efecto negativo del patógeno y el estrés abiótico puede ser aditivos, y la segunda posibilidad es que el estrés abiótico puede alterar la resistencia de la planta contra la infección del patógeno, llevando por ejemplo a mejorar la resistencia.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación:

Los experimentos preliminares, laboratorio e invernadero se realizaron en el laboratorio de Micología y en el invernadero de la Estación Experimental de la Molina del Centro Internacional de la papa (CIP) en la ciudad de Lima (altitud 289 m.s.n.m., latitud 12°05'07.97''S, longitud 76°55'03.75''O) durante los meses de octubre a diciembre del 2016.

Los experimentos de campo se llevaron a cabo en el distrito de Paucartambo, provincia de Pasco, en tres zonas: Pogzogán (altitud 2899 msnm., latitud 10°46'05.6''S, longitud 75°48'22''O); Santa Cruz (altitud 2821 msnm., latitud 10°46'07.3''S, longitud 75°47'08.3''O) y Aco (altitud 2610 msnm., latitud 10°46'01.1''S, longitud 75°44'11.8''O) en la época de cultivo de noviembre a marzo del 2017.

3.2. Ensayo preliminar.

Se realizó un ensayo preliminar con la finalidad de determinar la eficacia de las dosis comerciales de cada inductor de resistencia (IDR), para lo cual se asperjaron dos plantas de la variedad Yungay con la dosis comercial máxima recomendada para cada producto y después de 2 días fueron inoculadas con el aislamiento POX067 de *P. infestans* mediante el método de la hoja separada (Liljeroth et al., 2010). Después de 7 días de la inoculación se evaluó la severidad de la enfermedad. Según los resultados obtenidos, se decidió que en los trabajos posteriores se utilice el doble de concentración recomendada en los productos comerciales (IDR's).

3.3. Experimentos en laboratorio e invernadero

3.3.1. Material Vegetal:

Para los experimentos de la hoja separada y planta completa evaluados en laboratorio e invernadero respectivamente, se emplearon folíolos y plantas provenientes de tubérculos de

la variedad Yungay de calidad prebásica, los que fueron sembrados en macetas de plástico de 6" con sustrato de turba Kekila®. La fertilización se realizó al momento de la siembra utilizando el fertilizante Peters® (20N-20P-20K) y el manejo de insectos fue realizado de acuerdo a la incidencia y nivel de daño.

3.3.2. Aplicación de los tratamientos

Para los experimentos de la hoja separada y planta completa, los tratamientos fueron aplicados a las plantas 35 días después de la siembra. Se utilizaron 4 inductores de resistencia (IDRs) comerciales IDR 1 (Manvert Silikon®; 30% p/p Óxido de silicio), IDR 2 (IDR 2®; 20% p/p fosfito de potasio), IDR 3 (Miconic®; 47% p/v ácidos orgánicos), IDR 4 (IDR 4®, lignosulfonato de aluminio), dos fungicidas de contacto (mancozeb y Propineb) y un tratamiento control con agua (Tabla 1). Debido a resultados obtenidos preliminarmente los inductores de resistencia fueron probados al doble de la dosis máxima recomendada comercialmente. Las plantas fueron asperjadas en el haz y el envés hasta lograr su total de cobertura de acuerdo a la metodología descrita por Eshraghi et al., (2011).

3.3.3. Aislamiento e inoculación de *P. infestans*:

Para las inoculaciones realizadas bajo condiciones de laboratorio e invernadero se utilizó el aislamiento POX067 perteneciente al linaje clonal EC-1, grupo de apareamiento A1, gen de avirulencia Avr_{8,9} y resistente a metalaxyl, el cual fue aislado de la variedad Amarilis en Oxapampa, departamento de Pasco en el año 2000 (Pérez et al., 2001).

Después de 1, 2, 3, 7 y 15 días de aplicados los tratamientos en las plantas completas, se extrajeron dos hojas de cada planta, las cuales fueron colocadas en placas Petri conteniendo agar agua al 1% según el método descrito por Liljeroth et al., (2010). Las hojas fueron inoculadas con una gota de 30 µl de una suspensión de esporangios (3×10^3 esporangios ml⁻¹) en el envés de las hojas y fueron incubadas en una cámara climática (BIOTRON NK System) a 18°C con un régimen de 12h luz/12h oscuridad.

Tabla 1: Tratamientos evaluados bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Nombre comercial	Ingrediente activo (i.a.)^a	Concentración del ingrediente activo (i.a.)^a (% p/p; p/v)	Dosis recomendada	Dosis utilizada (cc/l)^b
T ₁ (Control)	Agua				
T ₂	Manvert Silikon®	Oxido de Silicio (SiO ₂)	30% p/p 36% p/v	400-800 cc/200 L	8 cc/L
T ₃	PKplus®	Fosfito de potasio Oxido de potasio Ácido salicílico	20% p/p P ₂ O ₅ 16% p/p K ₂ O 3% p/p	400-600 cc/200 L	6 cc/L
T ₄	Miconic®	Ácidos orgánicos Aminoácidos libres Nitrógeno total Nitrógeno amoniacal Nitrógeno orgánico	47% 6% 5% 4.9% 0.1%	1 L/ 200 L	10 cc/L
T ₅	IDR 4®	Lignosulfonato de aluminio Cobre Manganeso Zinc	96.4% 2.10% p/v 0.75% p/v 0.5% p/v	500-600 cc/200 L	6 cc/L
T ₆	Mancozeb M-45®	Mancozeb	80%	400-500 g/ 200 L	2.5 g/L
T ₇	Propineb®	Propineb	70%	500-600 g/ 200 L	3 g/L

^a Concentración del ingrediente activo indicado en la etiqueta comercial

^b Dosis empleada en los ensayos

La inoculación en planta completa se realizó 2 días después de aplicados los tratamientos de acuerdo a lo descrito por Orbegozo et al., (2013) a una concentración de 3×10^{-3} esporangios ml^{-1} con ayuda de un aspersor manual, con el que se procuró mojar totalmente las plantas tanto por el haz como el envés de las hojas para facilitar su infección. Las inoculaciones se realizaron en cubículos de bioseguridad del CIP bajo condiciones controladas de temperatura 16 - 18°C, 80 a 90% de humedad relativa y regímenes de luz/oscuridad de 12h.

3.3.4. Diseño experimental

Para el experimento de la hoja separada se empleó el diseño completamente al azar (DCA), con tres repeticiones y cada repetición constituida por 10 plantas (Tabla 2). Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, Licensed to Centro Internacional de la Papa, Site 70053426) y Minitab 17 (Minitab Inc; USA). Los datos de severidad fueron transformados con la raíz de $(X+0.5)$.

Tabla 2. Fuentes de variación del diseño completamente al azar (DCA).

Fuente de variación	Grados de libertad (GL)
Tratamientos (T)	6
Error	14
Total	20

$$\text{Modelo aditivo lineal: } \gamma_i = \mu + \tau_i + \varepsilon_i$$

Donde:

$i = 1, 2, 3, \dots, t$ (t=tratamientos)

γ_i = Respuesta observada del i-ésimo tratamiento

μ = Media general del experimento.

τ_i = Es el efecto del tratamiento

ε_i = Error aleatorio asociado a la respuesta γ_{ij}

Los tratamientos fueron evaluados en cinco momentos diferentes a 1, 2, 3, 7 y 15 días después de aplicados, para lo cual se empleó el diseño DCA con experimentos repetidos (Tabla 3). La homogeneidad de variancias del error entre los ddap y los tratamientos fue hallada según la prueba de F máximo.

Tabla 3. Fuentes de variación del diseño completamente al azar (DCA) con experimentos repetidos.

Fuente de variación	Grados de libertad (GL)
Días después de aplicado el tratamiento (D)	4
Tratamientos (T)	6
TD	24
Error	70
Total	104

$$\text{Modelo aditivo lineal: } \gamma_{ij} = \mu + D_i + \tau_j + (D\tau)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$i = 1,2,3,\dots,d$ (d=días después de aplicado el tratamiento)

$j = 1,2,3,\dots,t$ (t=tratamientos)

γ_{ij} = Respuesta observada de la i-ésimo día después de aplicado el j-ésimo tratamiento.

μ = Media general del experimento.

D_i = Efecto de los días después de aplicado el tratamiento.

τ_j = Efecto del tratamiento.

ε_{ij} = Error aleatorio asociado a la respuesta γ_{ij}

Para el experimento de planta completa, se empleó el diseño completamente al azar con 7 tratamientos y tres repeticiones, cada repetición estuvo constituida por 10 plantas (Tabla 2). Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, Licensed to Centro Internacional de la Papa, Site 70053426).

Los tratamientos fueron replicados dos veces, para lo cual se aplicó el diseño DCA con experimentos repetidos (Tabla 4). La homogeneidad de variancias del error entre las dos réplicas y los tratamientos fue hallada según la prueba de F máximo

Tabla 4 Fuentes de variación del diseño completamente al azar (DCA) con experimentos repetidos.

Fuente de variación	Grados de libertad (GL)
Réplicas (R)	1
Tratamientos (T)	6
TR	6
Error	28
Total	41

$$\text{Modelo aditivo lineal: } \gamma_{ij} = \mu + R_i + \tau_j + (R\tau)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$i = 1,2$ (r=réplicas)

$j = 1,2,3,\dots,t$ (t=tratamientos)

γ_{ij} = Respuesta observada en la i-ésima réplica del j-ésimo tratamiento

μ = Media general del experimento.

R_i = Efecto de las réplicas.

τ_j = Efecto del tratamiento.

ε_{ij} = Error aleatorio asociado a la respuesta γ_{ij}

Se realizó una correlación entre los datos de severidad obtenido mediante los métodos de inoculación empleados en laboratorio e invernadero para determinar la eficacia de los tratamientos. Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, Licensed to Centro Internacional de la Papa, Site 70053426).

3.3.5 Evaluaciones

3.3.5.1 Severidad y tiempo de persistencia del inductor

Para el experimento de la hoja separada se evaluó la severidad de la enfermedad a los 7 días después de la inoculación según lo descrito por Forbes et al., (2014) y el tiempo de persistencia del inductor fue calculado por el porcentaje de protección del follaje (PPF) a 1, 2, 3, 7 y 15 días después de aplicado los tratamientos de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$PPF(\%) = 100\left(1 - \frac{x}{y}\right)$$

Donde:

x y y son los valores de la severidad de la enfermedad para las plantas tratadas y control respectivamente (Cohen and Gisi, 1994).

Para el experimento de planta completa se evaluó la severidad de la enfermedad según lo descrito por Forbes *et al.* (2014) a los 7 días después de la inoculación.

3.4. Experimentos en campo

3.4.1. Material vegetal

Para los experimentos realizados en campo se emplearon tubérculos de calidad básica de cuatro variedades difundidas de la zona y con nivel de susceptibilidad a *P. infestans* reportados por de Haan (2012): Yungay (susceptible), Canchan (susceptible), UNICA (moderadamente resistente) y Serranita (resistente). La fertilización fue ajustada en base a los resultados del análisis de suelos. El manejo fitosanitario de insectos y malezas se realizó de acuerdo a la presencia de estas plagas.

Para el análisis post cosecha se emplearon tubérculos cosechados de las cuatro variedades y de las tres zonas evaluadas

3.4.2. Aplicación de los tratamientos

En los experimentos de campo se consideró la utilización de los dos mejores IDR; además, se incluyó un tratamiento a base de aplicaciones de fungicida de contacto (i.a Propineb) (Tabla 5). Los IDR fueron probados al doble de la dosis comercial recomendada (Tabla 1) en tres regímenes de aplicación: con aplicaciones cada 7 días en la variedad Yungay y Canchan, cada 9 días en la variedad UNICA y cada 11 días en la variedad Serranita, para los tratamientos T₂, T₄ y T₅ se alternaron los productos respetando los regímenes de aplicación según la variedad. El tratamiento DSS (sistemas de apoyo a la toma de decisiones) fue empleado según Pérez *et al.*, (2014) y al T₈ no se le aplicó ningún producto (control). Para el experimento de post cosecha se utilizó la metodología descrita por Colon *et al.* (2004). Se realizaron dos ensayos uno de tubérculo completo y el otro de rodajas de tubérculos.

3.4.3. Inoculación de *P. infestans* en post cosecha

Para el ensayo de tubérculo completo, se inocularon los tubérculos con el asilamiento empleado en los experimentos de laboratorio e invernadero. Para los cual se lavaron los tubérculos con agua destilada y se desinfectaron por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio (2.5 g l^{-1}) por 5 min, se enjuagaron con agua destilada por dos veces y luego fueron dejados a secar a temperatura ambiente sobre papel toalla estéril. Se seleccionaron 10 tubérculos no dañados por repetición y se sumergieron durante 5 min en una suspensión de esporangios ($15000 \text{ esporangios ml}^{-1}$) de *P. infestans*. Inmediatamente después, los tubérculos fueron puestos en cajas de plástico e incubados en oscuridad a una temperatura de $16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) por 13 días.

Para el ensayo de rodajas de tubérculos, se cortaron discos de parénquima (4–6 cm diámetro, 10 mm grosor) de 3 tubérculos sanos por cada tratamiento, variedad y zona de siembra (Andreu et al., 2006). Se cortaron 2 rodajas centrales por tubérculo y se colocaron en placas Petri de 14.5 cm de diámetro. Las rodajas de tubérculos fueron inoculadas con $20 \mu\text{l}$ de esporangios ($3000 \text{ esporangios ml}^{-1}$) y fueron incubados a 18°C en oscuridad por 7 días (Pérez et al., 2014).

Tabla 5. Tratamientos evaluados bajo condiciones de campo.

Tratamientos	Producto comercial ^a
T ₁	PKplus®
T ₂	PKplus® alternado con propineb
T ₃	IDR 4 ®
T ₄	IDR 4® alternado con propineb
T ₅	PKplus® alternado con IDR 4®
T ₆	Propineb
T ₇	DSS (<i>Decision Support System</i>)
T ₈ (Control)	Control sin aplicación de fungicidas

^aLos inductores de resistencia fueron seleccionados del ensayo de laboratorio e invernadero

3.4.4. Diseño experimental

Para los experimentos en campo, se empleó un diseño de bloques completamente aleatorizado (DBCA) con arreglo factorial de 4V x 8T, con 3 repeticiones (Tabla 6). Como unidad experimental se consideró una parcela de 4.5 m x 3.85 m:

		4.5 m				
3.85m	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0

Número de plantas por surco: 10

Número de surcos por parcela: 5

Número de plantas por cada parcela: 50

Distancia entre surcos: 0.90m

Área neta parcela: 17.325m².

Tabla 6 Fuentes de variación del diseño de Bloques con arreglo factorial 4V x 8T.

Fuente de variación	Grados de libertad (GL)
Bloques	2
Variedades (V)	3
Tratamientos (T)	7
VT	21
Error	62
Total	95

$$\text{Modelo aditivo lineal: } \gamma_{ijk} = \mu + B_i + V_j + T_k + (VT)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

i = 1,2,3,... r (r=bloque)

j = 1,2,3,... v (v=variedad)

k = 1,2,3,... t (t=tratamientos)

γ_{ijk} = Respuesta del i-ésimo bloque en la j-ésima variedad y k-ésimo tratamiento

μ = Media general del experimento.

B_i = Efecto del bloque.

V_j = Efecto de la variedad.

T_k = Efecto del tratamiento.

ε_{ijk} = Error aleatorio asociado a la respuesta □□□

Los tratamientos fueron evaluados en tres zonas, para lo cual se aplicó el diseño DBCA con experimentos repetidos (Tabla 7). La homogeneidad de variancias del error entre las zonas y los tratamientos fue hallada con la prueba de F máximo.

Tabla 7 Fuentes de variación del diseño de Bloques con experimentos repetidos.

Fuente de variación	Grados de libertad (GL)
Lugar (L)	2
Bloques/Lugar	6
Variedad (V)	3
Tratamientos (T)	7
VL	6
VT	21
LT	14
VLT	42
Error	186
Total	287

Modelo aditivo lineal: $\gamma_{ijkl} = \mu + L_i + B_j + V_k + T_l + (VL)_{ki} + (VT)_{kl} + (LT)_{il} + (VLT)_{kil} + \varepsilon_{ijkl}$

Dónde:

$i = 1, 2, 3, \dots, l$ (l=lugar)

$j = 1, 2, 3, \dots, r$ (r=bloque)

$k = 1, 2, 3, \dots, v$ (v=variedad)

$l = 1, 2, 3, \dots, t$ (t=tratamientos)

γ_{ijklm} = Respuesta del i-ésimo lugar en el j-ésimo bloque de la k-ésima variedad y el l-ésimo tratamiento

μ = Media general del experimento.

L_i = Efecto del lugar de siembra

B_j = Efecto del bloque

V_k = Efecto de la variedad.

T_l = Efecto de los tratamientos

ε_{ijkl} = Error aleatorio asociado a la respuesta γ_{ijkl}

3.4.5. Evaluaciones

3.4.5.1. Severidad, rendimiento, impacto ambiental y análisis económico

El periodo de cultivo en campo de las cuatro variedades fue de 238 días, sin embargo, las evaluaciones fueron realizadas hasta el día 103 y 21 días después se procedió a la cosecha.

La severidad se estimó como la proporción de tejido enfermo por parcela y fue evaluada cada 7 días, después del 80% de la emergencia. Con la severidad se calculó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC) y el AUDPC relativo, de acuerdo a lo descrito por Forbes et al. (2014). Los datos fueron transformados con la raíz de (x).

El rendimiento se calculó por parcela y solo se consideró el peso de los tubérculos comerciales (mayor a 50 g). Los tubérculos fueron cosechados dejando de lado las plantas de los bordes

El impacto ambiental (IA) fue calculado según la dosificación (Kg o Lt/Ha), concentración del ingrediente activo en cada pesticida aplicado y el número de aplicaciones que se realizaron en el ciclo del cultivo por cada tratamiento (Barona and Andrade, 2013)

El análisis económico fue calculado a través de la tasa de retorno marginal (CIMMYT, 1988). El análisis fue calculado para cada tratamiento, variedad y zona evaluada, para lo cual se estimó el costo variable de cada tratamiento (costo del producto empleado y costo de aplicación) y se calculó el beneficio bruto obtenido (rendimientos por hectárea multiplicada por el precio del kilo de papa en campo).

La estimación del beneficio neto se obtuvo de la diferencia del beneficio bruto y el costo variable por tratamiento. Los tratamientos fueron ordenados según el incremento de los costos variables y se determinó la dominancia (D) de los tratamientos que presentaron valores de beneficio neto por debajo del tratamiento control. La tasa de retorno marginal fue hallada como la relación entre el beneficio neto marginal (el cambio en el beneficio neto) y el costo marginal (el cambio en el costo). Los valores obtenidos fueron expresados en porcentaje. Se consideró una tasa mínima de retorno marginal aceptable de aproximadamente 50%.

3.4.5.2. Post cosecha: Severidad y cuantificación de fenoles

Para la evaluación post cosecha en tubérculos completos se seleccionaron aleatoriamente 3 tubérculos sintomáticos por repetición y se cortaron longitudinalmente para evaluar visualmente el porcentaje de tejido necrótico. Los datos fueron transformados con la raíz cuadrada de $(x+0.5)$, para que se ajusten a una distribución normal, ya que algunos valores se reportaron por debajo de 10 y otros fueron cero (Steel et al., 1997).

Para la evaluación en rodajas de tubérculos se voltearon las rodajas de papa, se descartaron las que presentaron presencia de bacterias, se retiró la capa superior necrótica y se evaluó visualmente el porcentaje de tejido necrótico (Colon et al., 2004). Los datos fueron transformados con la raíz cuadrada de X para que los valores se ajusten a una distribución normal.

Para la cuantificación de fenoles se utilizó la metodología descrita por Burgos et al. (2013). Se extrajo una muestra del tubérculo y se procedió a liofilizar, posteriormente se pesó la muestra dependió del color de la pulpa (0.8 a 1.0 g para muestras de color blanca o crema, 0.5 a 0.7 g para muestras amarillas o rojas y 0.1 a 0.4 g para muestras purpuras), se agregó 10 ml de 70% de metanol, se homogenizó por 10 s ; el extracto fue filtrado a través de papel Whatman #4, se agregó 10 ml de metanol 70% sobre el residuo y se continuó homogenizando con ayuda de un vortex, finalmente se filtró el extracto y se extrajo hasta un volumen final de 25 ml.

Para la determinación de fenoles se tomó 400 μ l de muestra en un tubo, se agregó 8 ml de agua destilada y 0.5 ml de 2 N de reactivo de Folin Ciocalteau (Merck KGaA), posteriormente se agregó 1500 μ l 20% de carbonato de sodio y se incubó en baño maría a 40°C por 30 min. Para el caso de la muestra blanco o control solo se dispensó 400 μ l de agua destilada.

La absorbancia fue medida a 765 nm, se calculó la concentración del total de compuestos fenólicos basados en una curva estándar previamente calibrada en el laboratorio de Nutrición del CIP y los resultados fueron expresados en mg de ácido clorogénico/100 g de muestra.

IV. RESULTADOS

4.1. Ensayo preliminar.

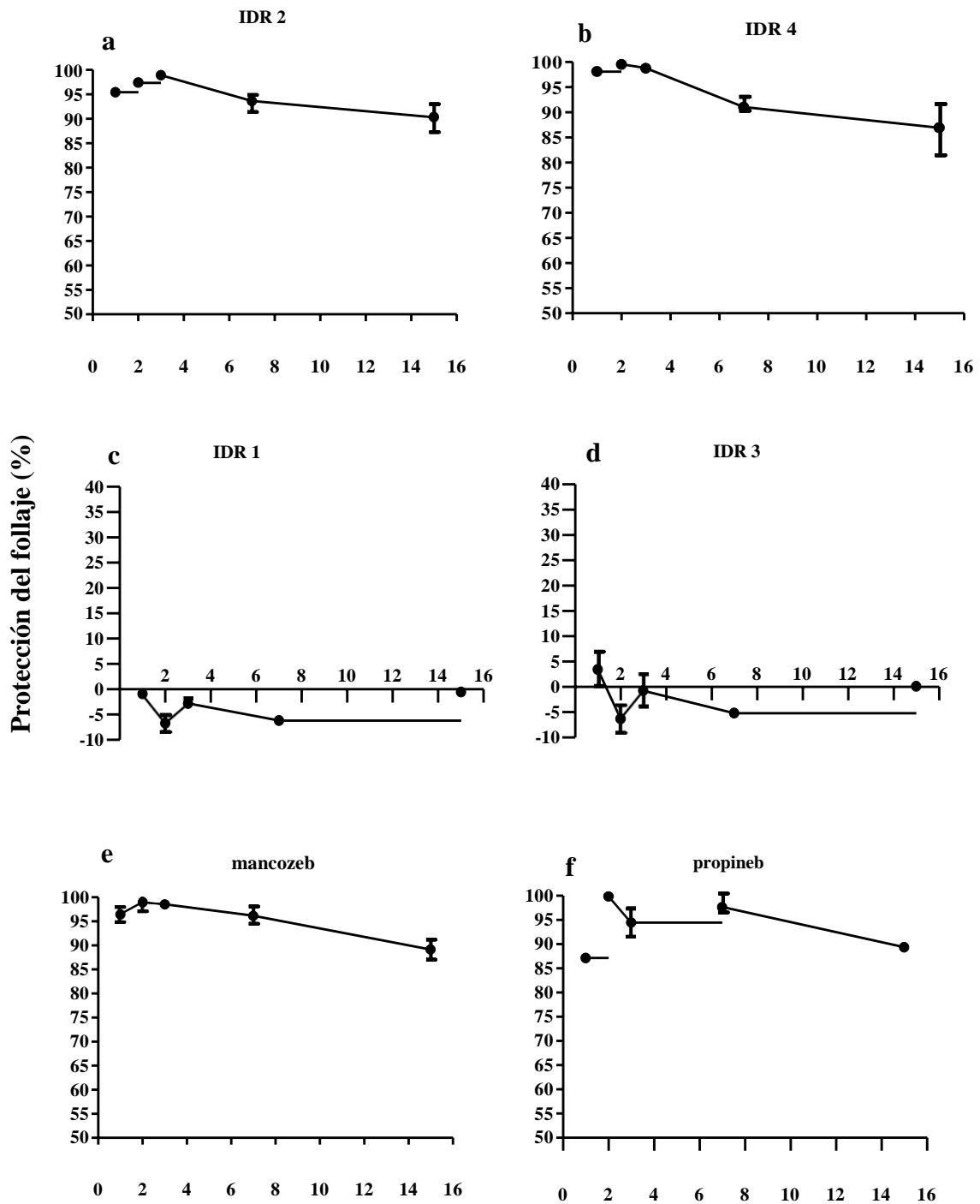
Los tratamientos IDR 2 y fungicidas de contacto controlaron la enfermedad a la dosis recomendada comercialmente, mientras que los demás tratamientos mostraron porcentajes altos de severidad (datos no publicados).

4.1.1. Tiempo de persistencia del inductor.

El análisis de variancia de los datos de severidad evaluada según el método de hojas separadas mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p > 0.01$), días después de aplicados los tratamientos (ddap) y la interacción entre ambos factores (Anexo 1).

Al realizarse la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.01$), los tratamientos mancozeb, IDR 4, IDR 2 y propineb, fueron los que presentaron menor porcentaje de severidad, a diferencia de los tratamientos IDR 3, IDR 1 y el control, que obtuvieron los valores más altos ($p < 0.01$) (Anexo 2). No se observaron diferencias significativas ($p > 0.01$) entre 1, 2 y 3 días después de aplicados los tratamientos, pero sí a los 7 y 15 días ($p < 0.01$) (Anexo 3).

A partir de 7 días de aplicado los productos IDR 2 y IDR 4, el porcentaje de severidad se incrementó significativamente, mientras que con los fungicidas mancozeb y propineb se observaron diferencias estadísticas en severidad recién a los 15 ddap (Tabla 9). Los IDR 2 y IDR 4 lograron mayor porcentaje de protección del follaje (PPF) (Figura 2a y 2b) a diferencia de IDR 1 y IDR 3 que no ejercieron ninguna protección contra el desarrollo de la racha en las hojas inoculadas, incluso presentaron valores menores de protección que el control, por lo que se observaron valores negativos (Figura 2c y 2d).



Días después de aplicados los tratamientos ddap

Figura 2. Protección de follaje (PPF) después de 1, 2, 3, 7 y 15 días de aplicado los tratamientos contra *P. infestans*. Método de la hoja separada (Liljeroth et al, 2010).

Tabla 8. Severidad de la enfermedad de plantas de la variedad Yungay después de la aplicación de inductores de resistencia (IDRs) y fungicidas. Método de la hoja separada (Liljeroth et al, 2010).

Tratamiento	Ingrediente activo ^a	i.a (g/l solución) ^b	Días después de aplicados los tratamientos (ddap) ^c				
			1	2	3	7	15
Control	T1 Agua		79.30b	86.96ab	86.31ab	93.33ab	99.44a
IDR 1	T2 Oxido de Silicio	2.9	80.09b	92.823ab	88.76ab	99.13a	100.00a
IDR 2	T3 Fosfito de Potasio + Ac.salicílico	2.79; 0.26	3.48bc	2.13bc	0.76c	5.78a	9.48a
IDR 3	T4 Ácidos orgánicos	5.2	76.63b	92.51ab	87.00ab	98.25a	99.36a
IDR 4	T5 Lignosulfonato de aluminio	5.78	1.41b	0.32b	0.96b	8.27a	12.92a
Fungicida contacto	T6 Mancozeb	1.08	2.83bc	0.92c	1.29bc	3.60b	10.81a
Fungicida contacto	T7 Propineb	1.75	10.22a	0.16c	4.80b	2.247bc	10.63a

^a Ingrediente activo según la etiqueta del producto.

^b Ingrediente activo según la dosis empleada.

^c Datos originales. Comparación horizontal, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.01$) entre los días después de aplicado el tratamiento.

4.1.2. Severidad de la enfermedad en el ensayo de plantas completa.

El análisis de variancia muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos (Anexo 5). Los tratamientos IDR 2, mancozeb y propineb no mostraron diferencias significativas entre ellos ($p>0.01$), sin embargo, fueron diferentes al tratamiento IDR 4, IDR 1, IDR 3 y al control según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) (Anexo 6). El porcentaje de severidad de las plantas tratadas con IDR 2 fue estadísticamente similar a los obtenidos por propineb y mancozeb. Por otro lado, IDR 4 mostró un menor porcentaje de severidad, mientras que IDR 3 y IDR 1 fueron estadísticamente similares al tratamiento control (Figura 3).

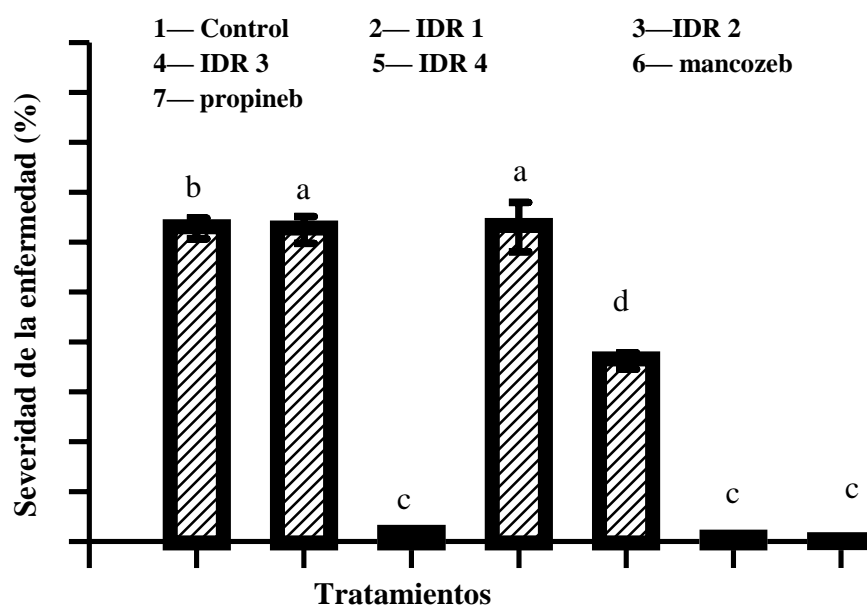


Figura 3. Severidad de la enfermedad evaluada a los 7 días de infectadas las plantas con *P. infestans* bajo condiciones de invernadero. Las barras representan la desviación estándar y letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0.01$) entre la media de los tratamientos.

4.2. Correlación entre ensayos de la hoja separada y de planta completa.

Los análisis de correlación nos indican un alto grado de asociación lineal entre los datos de severidad obtenidos en el ensayo realizado bajo condiciones de laboratorio y las dos réplicas realizadas en invernadero ($r^2 = 93.7\%$ y 75.2%) (Anexo 12). En el ensayo de hoja separada los tratamientos IDR 2 y IDR 4 presentaron igual eficacia que los fungicidas de contacto ($p>0.01$), sin embargo, en el ensayo de planta completa.

Se observó que IDR 4 presento mayor severidad que los logrados por los fungicidas de contacto, (Tabla 10).

Tabla 9. Severidad de la enfermedad (%) en el ensayo de la hoja separada bajo condiciones de laboratorio y en el ensayo de la planta completa realizado bajo condiciones de invernadero.

Tratamientos		Severidad (%)		
		Ensayo laboratorio- hoja separada ¹	Ensayo invernadero- planta completa réplica 1	Ensayo invernadero- planta completa réplica 2
Control	T1	86.966a	49.167a	45.417c
IDR 1	T2	92.830a	52.083a	72.912ab
IDR 2	T3	2.126b	0.333c	2.685d
IDR 3	T4	92.516a	79.35a	80.417a
IDR 4	T5	0.316b	14.375b	58.135bc
Mancozeb	T6	0.916b	0.000c	0.167d
Própineb	T7	0.160b	0.000c	1.28d

¹Datos de severidad reportados a los dos días de aplicados los tratamientos.

*Análisis de medias según la prueba de Tukey ($\alpha=0.01$) compara verticalmente los tratamientos por ensayo. Letras distintas indican diferencias significativas ($p<0.01$) entre los tratamientos.



Figura 4. Plantas de *S. tuberosum* L. con 7 días de infectadas con *P. infestans* bajo condiciones de invernadero. T1: Control, T2. IDR 1, T3: IDR 2, T4: IDR 3, T5: IDR 4, T6: mancozeb, T7: Propineb.

4.3. Severidad de la enfermedad de plantas sembradas bajo condiciones de campo

La severidad de la enfermedad fue monitoreada hasta el día 103 después de sembradas las variedades.

En la variedad Canchán el tratamiento con el que se controló mejor la enfermedad y durante todo el periodo de cultivo fue con el uso del *DSS* en las tres zonas evaluadas, seguido de aplicaciones de propineb solo y alternado con IDR 2 para la zona de Pogzogan (Tabla 11); ambos tratamientos controlaron la enfermedad (menor al 20% de severidad) hasta 89 dds (Figura 6a). En las zonas de Santa Cruz y Aco no se observaron diferencias significativas ($p>0.01$) entre los tratamientos de aplicaciones solo de IDR 2, aplicaciones solo de propineb y la alternancia de los mismos (Tabla 12 y 13). En la zona de Santa Cruz dichos tratamientos controlaron la enfermedad durante todo el periodo de cultivo (Figura 7a) y en la zona de Aco el tratamiento con aplicaciones solo de propineb controló la enfermedad hasta 96 dds (Figura 8a).

El tratamiento que controló mejor la enfermedad en la variedad Yungay durante todo el periodo del cultivo en las zonas de Pogzogan y Aco fue el uso del *DSS*, seguido de aplicaciones solo de propineb y alternancia de propineb con IDR 2 y con IDR 4. Estos tratamientos en la zona de Pogzogan controlaron la enfermedad hasta 96 dds (Figura 6b). En la zona de Santa Cruz y Aco no se observaron diferencias significativas ($p>0.01$) entre los tratamientos de aplicaciones de propineb, IDR 2 y alternancia de los mismos (Tabla 13). El uso del *DSS* para el control de la enfermedad en la zona de Santa Cruz no presentó diferencias significativas con dichos tratamientos (Figura 7b). En la zona de Aco el tratamiento de alternancia de IDR 2 con propineb controló la enfermedad hasta 96 dds (Figura 8c).

En la zona de Pogzogan, todos los tratamientos controlaron la enfermedad en la variedad UNICA hasta 96 dds y solo el tratamiento de aplicaciones de IDR 2 controló la enfermedad hasta 103 dds (Figura 6c). En la zona de Santa Cruz, los tratamientos de IDR 4 y su alternancia con IDR 2 no controlaron la enfermedad, ya que no presentaron diferencias significativas con el control ($p>0.01$). La alternancia de IDRs con propineb controló la enfermedad hasta 96 dds (Figura 7c) (Tabla 12).

(Figura 8c), y estadísticamente no fue diferente de los tratamientos con el uso del *DSS* y aplicaciones solo de IDR 2 (Tabla 13).

En la variedad Serranita el control de la enfermedad se dio con todos los tratamientos en las tres zonas evaluadas (Tabla 11, 12 y 13) y durante todo el periodo del cultivo (Figura 6d, 7d y 8d).

Según el análisis combinado de las variancias de las medias de rAUDPC, la interacción de las variedades con los diferentes tratamientos y las zonas evaluadas fue altamente significativo ($p < 0.01$) (Anexo 28), indicando una dependencia de los factores, es decir que el efecto de los tratamientos depende o es influenciado por los efectos de las variedades y las zonas de siembra (ambiente).

La comparación según el Test de Tukey ($\alpha = 0.01$) mostró que la severidad (rAUDPC) en las diferentes variedades mostraron diferencias significativas ($p < 0.01$), siendo la variedad Canchán la que presentó mayor severidad mientras que la variedad Serranita presentó menor severidad (Anexo 30).

Los datos meteorológicos monitoreados en las tres zonas evaluadas (Anexo 63), indicaron que el promedio de precipitación (mm) en la zona de Pogzogan y Aco fueron de 134.9 y 117.96 mm respectivamente mientras que en la zona de Santa Cruz fue de 44 mm. Las temperaturas promedio diaria en las tres zonas fueron similares (14.15; 12.88 y 13.97 °C respectivamente).

La comparación de medias según el Test de Tukey ($\alpha = 0.01$) mostró que la severidad (rAUDPC) evaluadas en las zonas de Pogzogan y Aco no mostraron diferencias significativas ($p > 0.01$) a diferencia de la evaluada en la zona de Santa Cruz (Anexo 29).

El análisis combinado mostró que para las variedades susceptibles (Canchán y Yungay) los tratamientos con lo que se obtuvo menor severidad de la enfermedad durante todo el ciclo de crecimiento fueron con las aplicaciones de IDR 2 solo o alternado con propineb, aplicaciones solo de propineb y uso del *DSS*. Para la variedad moderadamente resistente UNICA se obtuvieron valores bajo de severidad con los mismos que para las variedades susceptibles además de las aplicaciones de IDR 2 con IDR 4. En la variedad resistente

Serranita todos los tratamientos resultaron en bajos niveles de severidad de la enfermedad (Tabla 14).

4.4. Correlación del grado de susceptibilidad de las variedades con el rAUDPC de los tratamientos con IDRs.

Se determinó una asociación lineal significativa entre la severidad (rAUDPC) calculada para los tratamientos con aplicaciones solo de IDR 2 y solo de IDR 4 con el grado de susceptibilidad de las variedades de papa. El coeficiente de Pearson para IDR 2 fue de $r=0.534$ ($p<0.01$) y para IDR 4® fue de $r= 0.757$ ($p<0.01$) (Figura 5, Anexo 33).

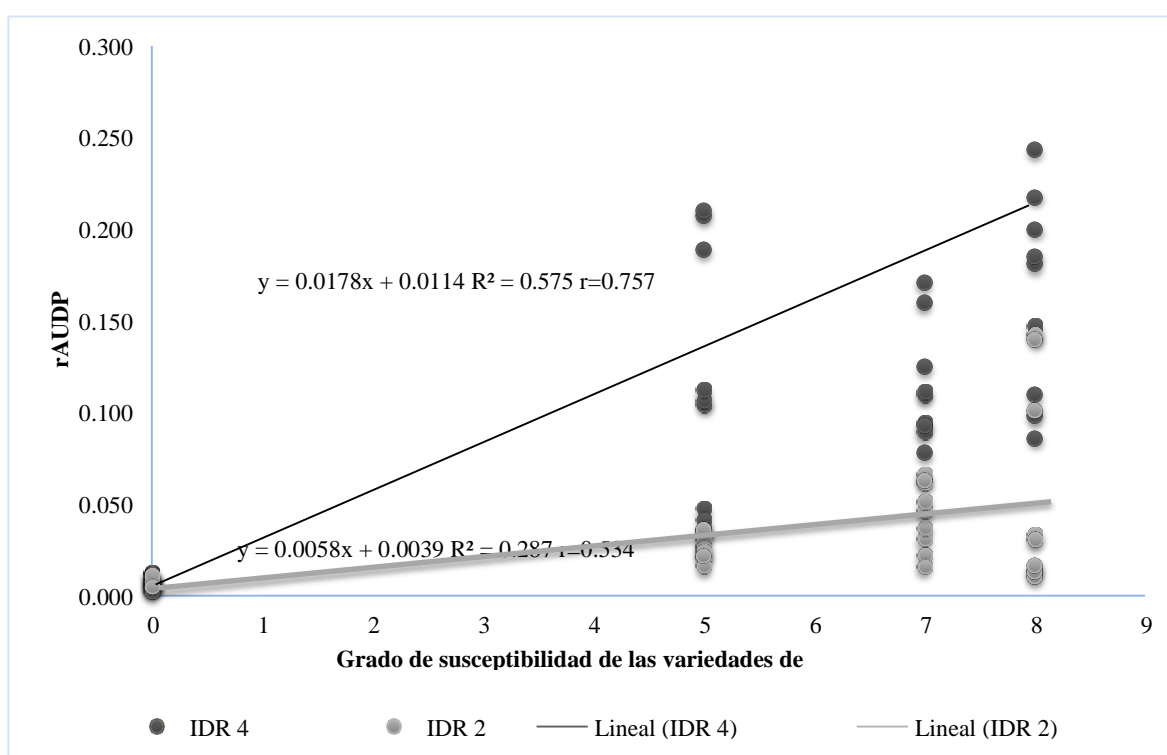


Figura 5 Correlación entre el grado de susceptibilidad de las variedades de papa y el rAUDPC calculado con aplicaciones de IDR 2 y IDR 4.

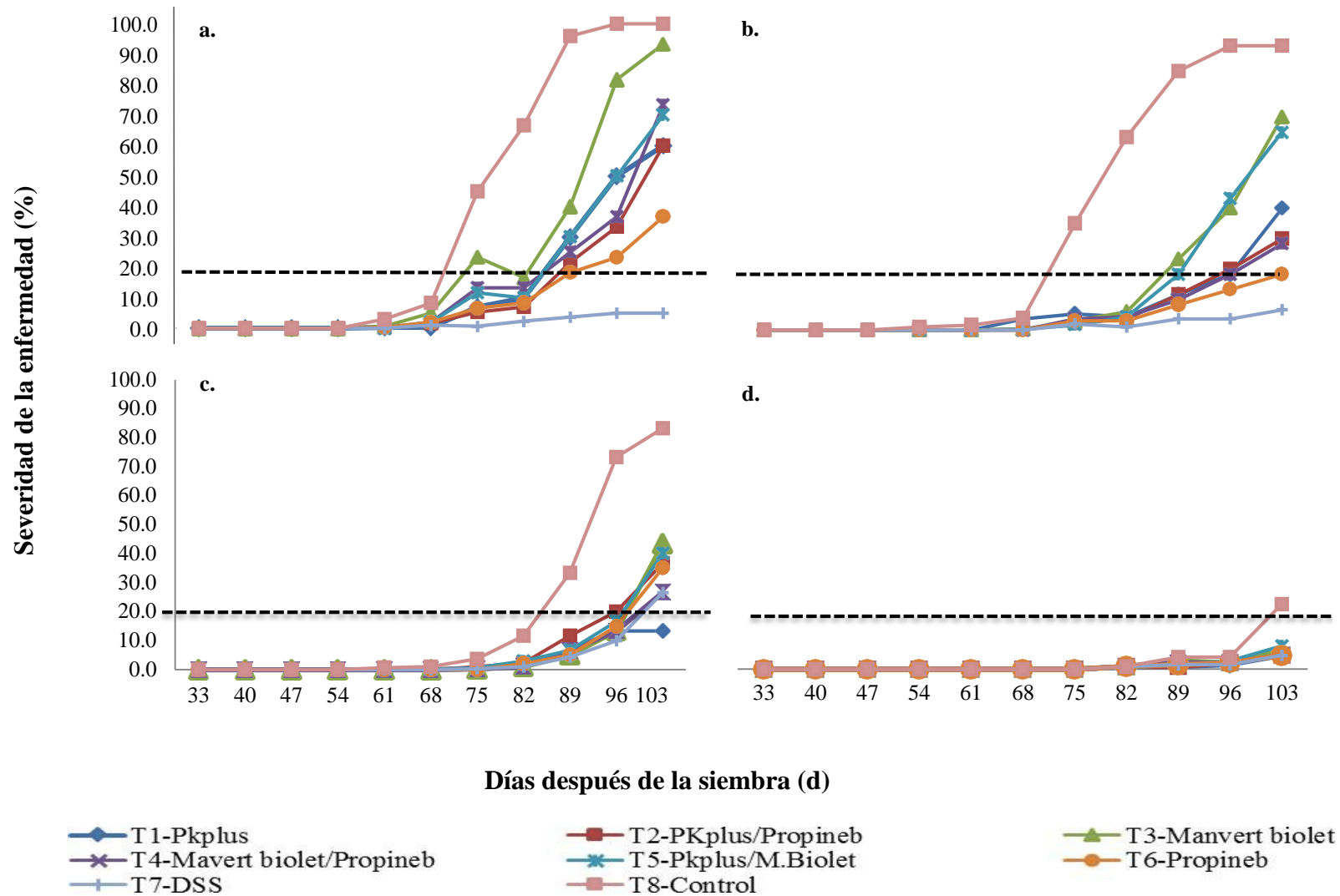


Figura 6. Desarrollo de la enfermedad de la ranca en cuatro variedades de *S. tuberosum* L. a. Var. Canchán, b. Var. Yungay, c. Var. UNICA y d. Var. Serranita, bajo condiciones de campo en la zona de Pogzogan, distrito Paucartambo, provincia de Pasco.

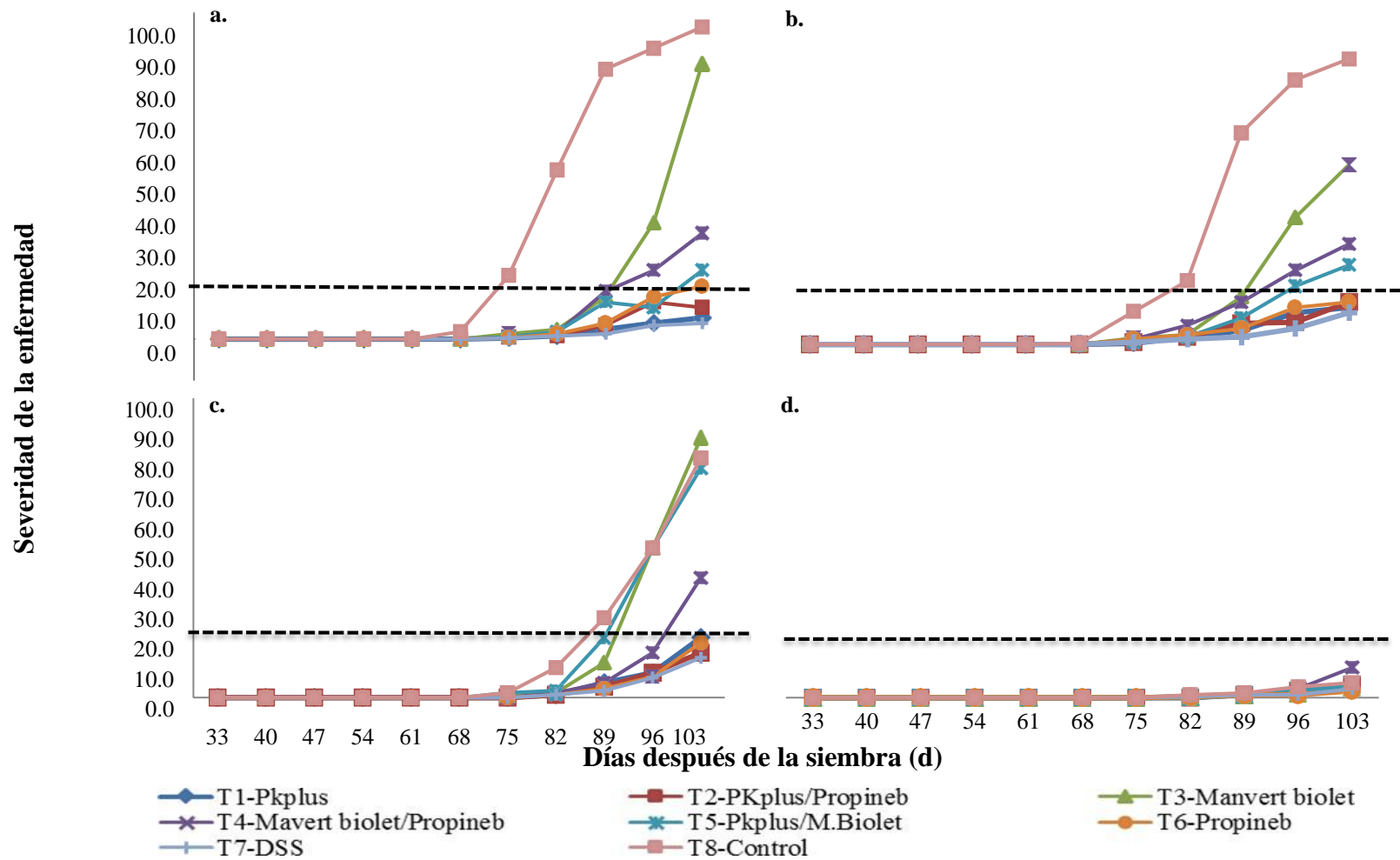


Figura 7. Desarrollo de la enfermedad de la ranca en cuatro variedades de *S. tuberosum* L. a. Var. Canchán, b. Var. Yungay, c. Var. UNICA y d. Var. Serranita, bajo condiciones de campo de la zona de Santa Cruz, distrito Paucartambo, provincia de Pasco.

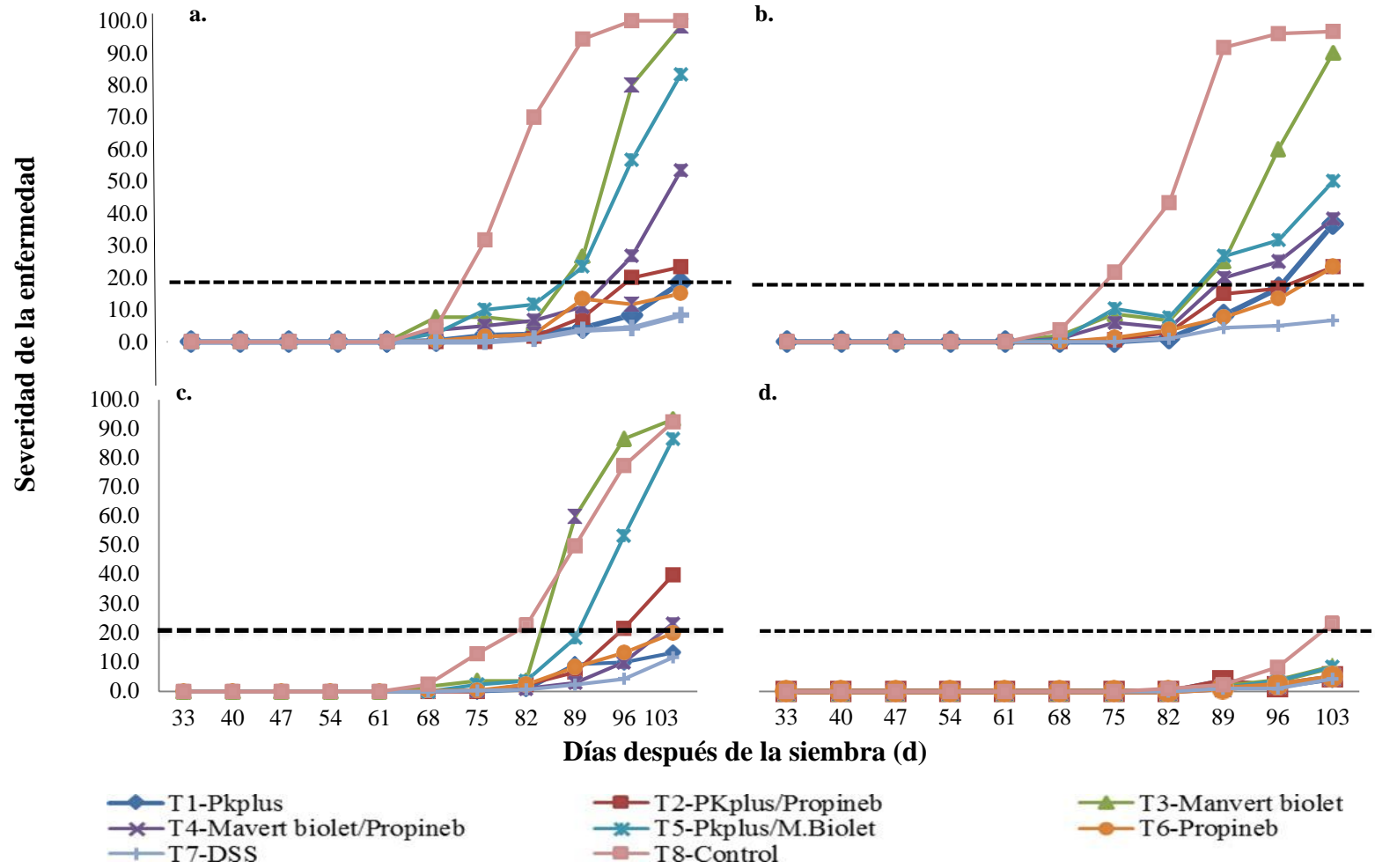


Figura 8. Desarrollo de la enfermedad de la ranca en cuatro variedades de *S. tuberosum* L. a. Var. Canchán, b. Var. Yungay, c. Var. UNICA y d. Var. Serranita, bajo condiciones de campo de la zona de Aco, distrito Paucartambo, provincia de Pasco.

4.5. Rendimiento de plantas sembradas bajo condiciones de campo

El mayor rendimiento para la variedad Canchán se obtuvo con el tratamiento de aplicaciones de IDR 2 alternado con propineb, sin embargo, no fue estadísticamente diferente ($p>0.01$) con los tratamientos de uso de *DSS*, aplicaciones solo de propineb y aplicaciones solo de IDR 2 en las tres zonas evaluadas. En la zona de Aco, estos tratamientos tampoco fueron diferentes ($p>0.01$) con los tratamientos de aplicaciones solo de IDR 4 y alternancia de IDR 4 con propineb (Tabla 13).

En la variedad Yungay los más altos rendimientos fueron obtenidos con el tratamiento *DSS* en las zonas de Pogzogan y Aco respectivamente, y con aplicaciones solo de IDR 2 en la zona de Santa Cruz; sin embargo, estos tratamientos no fueron estadísticamente diferentes ($p>0.01$) al tratamiento de aplicaciones de alternancia de IDR 2 con propineb y aplicaciones solo propineb en la zona de Aco, tratamiento de aplicaciones de IDR 4 con propineb en la zona de Santa Cruz y de aplicaciones de IDR 2 con IDR 4 en la zona de Pogzogan (Tabla 11, 12 y 13).

En las zonas de Pogzogan y Aco, los tratamientos en los que se observaron mejores rendimientos para la variedad UNICA fueron con el uso del *DSS* y aplicaciones alternadas de IDR 2 con propineb respectivamente, aunque estos no presentaron diferencias estadísticas con los demás tratamientos ($p>0.01$) (Tabla 11 y 13). En la zona de Santa Cruz el uso del *DSS*, aplicaciones solo de propineb y alternancia de propineb con los IDRs, resultó en mejores rendimientos (Tabla 12).

Con respecto al rendimiento evaluado en la variedad Serranita, no se observaron diferencias significativas ($p>0.01$) entre tratamientos en las tres zonas evaluadas.

Según el análisis combinado de variancia de las medias del rendimiento, la interacción de las variedades con los diferentes tratamientos y las zonas evaluadas fue altamente significativa ($p<0.01$) (Anexo 53), indicando una dependencia de los factores, es decir que el efecto de los tratamientos depende o es influenciado por los efectos de las variedades y de las zonas de siembra (ambiente).

La comparación según el Test de Tukey ($\alpha=0.01$) mostró que la media del rendimiento de las variedades Canchán y Yungay no presentaron diferencias significativas entre sí ($p>0.01$) a diferencia de la variedad UNICA y Serranita ($p<0.01$) (Anexo 55).

En la comparación de medias entre las tres zonas evaluadas se observó que estas fueron estadísticamente diferentes ($p<0.01$) (Anexo 53).

Para las variedades susceptibles (Canchán y Yungay) a la ranca, los tratamientos que resultaron en los más altos rendimientos fueron a través de las aplicaciones de IDR 2 solo o alternado con propineb, aplicaciones solo de propineb y uso del *DSS*. Para la variedad moderadamente resistente UNICA todos los tratamientos a excepción del control y de las aplicaciones alternadas de IDR 2 con IDR 4 resultaron en rendimientos altos y en la variedad resistente Serranita todos los tratamientos mostraron diferencias no significativas ($p>0.01$) (Tabla 14).

Tabla 10. rAUDPC, rendimiento e impacto ambiental (IA) de las cuatro variedades de *S. tuberosum* L. sembradas en la zona de Pogzogan.

Variedad	Tratamientos	rAUDPC ^a	Rendimiento (ton/ha) ^b	IA ^c
Canchán	IDR 2	0.128c	14.734abc	291.916
	IDR 2+propineb	0.099cd	22.868a	326.564
	IDR 4	0.214b	10.484bcd	44.940
	IDR 4+propineb	0.127c	5.378cd	192.096
	IDR 2+ IDR 4	0.139c	6.749cd	149.722
	Propineb	0.077d	19.984ab	345.581
	DSS	0.015e	14.209abc	512.912
	Control	0.369a	2.379d	0.000
Yungay	IDR 2	0.063c	13.327abc	267.182
	IDR 2+propineb	0.053cd	12.445abc	297.105
	IDR 4	0.108b	6.668bc	45.759
	IDR 4+propineb	0.051cd	13.149abc	177.816
	IDR 2+ IDR 4	0.101b	7.368abc	141.597
	Propineb	0.027d	15.724ab	344.805
	DSS	0.014e	17.060a	517.525
	Control	0.330a	4.198c	0.000
UNICA	IDR 2	0.027c	25.488ab	244.724
	IDR 2+propineb	0.053b	29.098ab	284.614
	IDR 4	0.041bc	22.562ab	42.777
	IDR 4+propineb	0.035bc	23.787ab	152.658
	IDR 2+ IDR 4	0.047bc	24.164ab	137.432
	Propineb	0.040bc	29.912a	253.534
	DSS	0.029bc	25.228ab	301.068
	Control	0.165a	18.966b	0.000
Serranita	IDR 2	0.006b	25.002a	169.589
	IDR 2+propineb	0.007b	24.682a	187.293
	IDR 4	0.010ab	26.576a	30.857
	IDR 4+propineb	0.008ab	25.955a	114.671
	IDR 2+ IDR 4	0.009ab	22.044a	102.437
	Propineb	0.008ab	25.480a	211.084
	DSS	0.007b	30.165a	212.174
	Control	0.021a	21.785a	0.000

^{a, b} Letras diferentes indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($\alpha=0.01$), solo para comparaciones verticales dentro de cada variedad. Los datos son los originales.

^c El impacto ambiental fue calculado según los valores de EIQ's obtenidos por el Programa de manejo integrado con pesticidas de la Universidad de Cornell (<https://nysipm.cornell.edu/eiq/list-pesticide-active-ingredient-eiq-values>).

Tabla 11 rAUDPC, rendimiento e impacto ambiental (IA) de las cuatro variedades de *S. tuberosum* L. sembradas en la zona de Santa Cruz.

Variedad	Tratamientos	rAUDPC ^a	Rendimiento (t/ha) ^b	IA ^c
Canchán	IDR 2	0.013d	23.289ab	271.66
	IDR 2+propineb	0.023d	28.084a	366.08
	IDR 4	0.098b	7.215cd	46.69
	IDR 4+propineb	0.056c	16.946bc	197.27
	IDR 2+ IDR 4	0.036c	13.096bc	161.76
	Propineb	0.029d	19.637ab	340.01
	DSS	0.010e	23.181ab	488.39
	Control	0.302a	1.055d	0.00
Yungay	IDR 2	0.023de	23.899a	276.74
	IDR 2+propineb	0.023de	16.810abc	287.08
	IDR 4	0.088b	8.824cd	47.26
	IDR 4+propineb	0.060bc	14.186abc	176.63
	IDR 2+ IDR 4	0.042cd	10.710bcd	154.54
	Propineb	0.028de	19.540ab	334.94
	DSS	0.015e	22.249a	432.78
	Control	0.226a	2.887d	0.00
UNICA	IDR 2	0.024bc	21.457c	236.27
	IDR 2+propineb	0.021bc	32.618ab	243.82
	IDR 4	0.107a	22.651bc	34.22
	IDR 4+propineb	0.042b	34.589a	154.20
	IDR 2+ IDR 4	0.112a	21.063c	152.88
	Propineb	0.020c	38.498a	254.64
	DSS	0.017c	35.952a	285.23
	Control	0.128a	19.348c	0.00
Serranita	IDR 2	0.006a	24.213a	144.25
	IDR 2+propineb	0.006a	26.681a	161.37
	IDR 4	0.005a	24.227a	24.99
	IDR 4+propineb	0.010a	23.744a	112.99
	IDR 2+ IDR 4	0.006a	22.570a	81.00
	Propineb	0.004a	27.741a	191.88
	DSS	0.004a	24.404a	180.49
	Control	0.009a	21.152a	0.00

^{a, b} Letras diferentes indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($\alpha=0.01$), solo para comparaciones verticales dentro de cada variedad. Los datos son los originales

^c El impacto ambiental fue calculado según los valores de EIQ's obtenidos por el Programa de manejo integrado con pesticidas de la Universidad de Cornell (<https://nysipm.cornell.edu/eiq/list-pesticide-active-ingredient-eiq-values>).

Tabla 12. rAUDPC, rendimiento e impacto ambiental (IA) de las cuatro variedades de *S. tuberosum* L. sembradas en la zona de Aco.

Variedad	Tratamiento	rAUDPC ^a	Rendimiento (t/ha) ^b	IA ^c
Canchán	IDR 2	0.027de	15.35a	260.80
	IDR 2+propineb	0.041d	16.45a	302.22
	IDR 4	0.177b	7.11ab	50.90
	IDR 4+propineb	0.080c	5.12b	191.20
	IDR 2+ IDR 4	0.146b	7.00ab	182.66
	Propineb	0.037d	10.93ab	304.99
	DSS	0.013e	16.50a	442.84
	Control	0.351a	2.06b	0.00
Yungay	IDR 2	0.044e	12.33abc	269.64
	IDR 2+propineb	0.047de	12.88abc	301.79
	IDR 4	0.147b	3.47cd	43.33
	IDR 4+propineb	0.076cd	8.14bcd	158.87
	IDR 2+ IDR 4	0.102c	3.48cd	143.95
	Propineb	0.038e	18.36ab	318.75
	DSS	0.014f	22.33a	448.42
	Control	0.305a	0.76d	0.00
UNICA	IDR 2	0.027cde	18.67a	257.91
	IDR 2+propineb	0.051c	21.56a	231.45
	IDR 4	0.202a	15.33ab	37.88
	IDR 4+propineb	0.026de	15.40ab	166.23
	IDR 2+ IDR 4	0.121b	7.02b	141.39
	Propineb	0.035cd	15.87ab	269.95
	DSS	0.014e	19.93a	261.00
	Control	0.212a	13.76ab	0.00
Serranita	IDR 2	0.008b	16.33a	142.96
	IDR 2+propineb	0.008b	14.53a	157.21
	IDR 4	0.010ab	9.54a	24.87
	IDR 4+propineb	0.006b	15.26a	109.06
	IDR 2+ IDR 4	0.010ab	12.49a	74.96
	Propineb	0.006b	14.99a	160.32
	DSS	0.004b	15.51a	166.54
	Control	0.023a	10.35a	0.00

^{a, b} Letras diferentes indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($\alpha=0.01$), solo para comparaciones verticales dentro de cada variedad. Los datos son los originales

^c El impacto ambiental fue calculado según los valores de EIQ's obtenidos por el Programa de manejo integrado con pesticidas de la Universidad de Cornell (<https://nysipm.cornell.edu/eiq/list-pesticide-active-ingredient-eiq-values>).

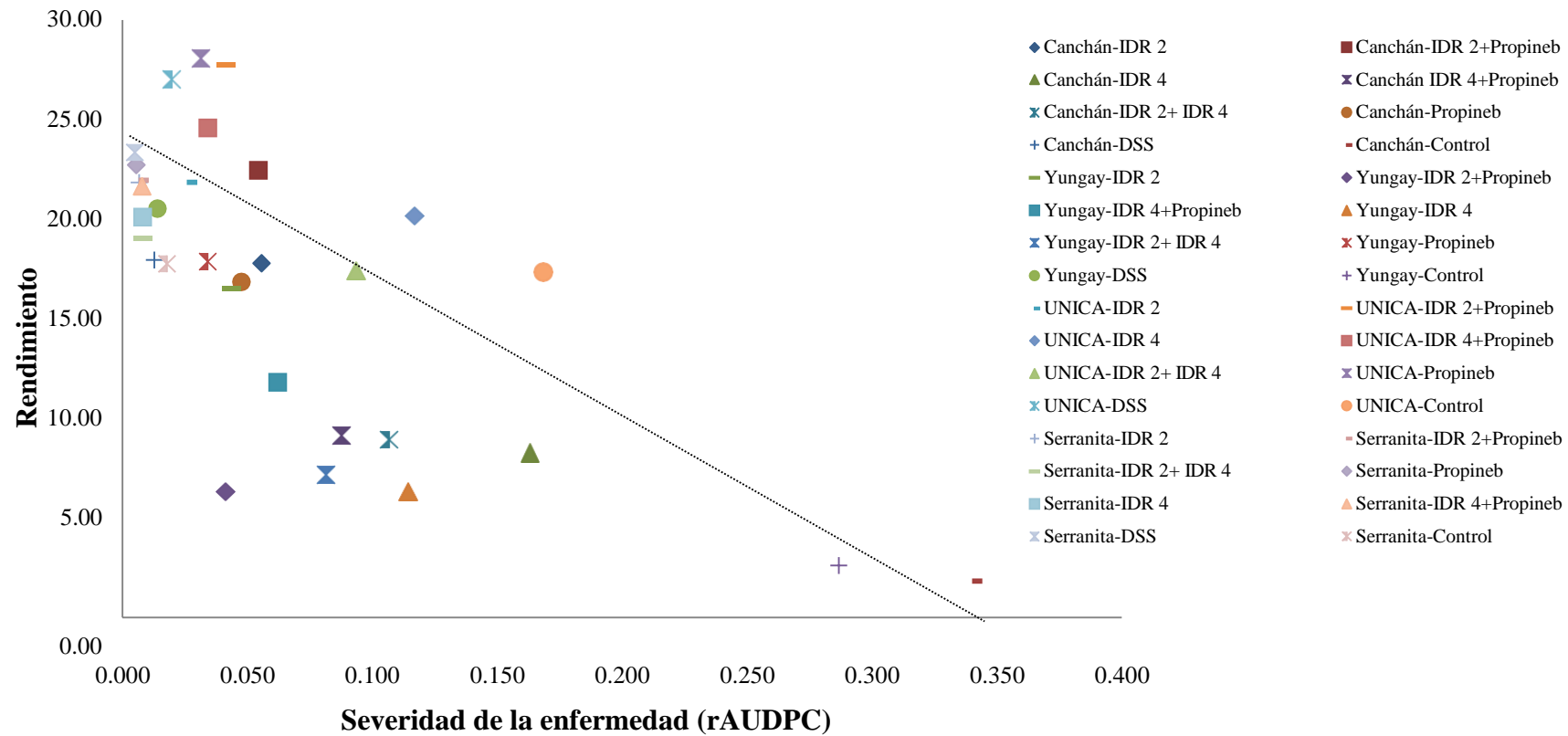


Figura 9 Comparación entre el rendimiento y la severidad de la enfermedad de la ranca expresada como rAUDPC de cuatro variedades de *S. tuberosum* L. evaluados con diferentes tratamientos en tres zonas del distrito de Paucartambo, departamento de Pasco

Tabla 13. Promedios de la severidad (rAUDPC), rendimiento e impacto ambiental (IA) de las cuatro variedades de *S. tuberosum* L de las tres zonas evaluadas.

Variedad	Tratamiento	rAUDPC ^a	Rendimiento (Ton/ha) ^b	Impacto ambiental (IA) ^c
Canchan	IDR 2	0.056d	17.791ab	274.792
Canchan	IDR 2+propineb	0.054d	22.467a	331.621
Canchan	IDR 4	0.163b	8.270bc	47.510
Canchan	IDR 4+propineb	0.088c	9.148bc	193.522
Canchan	IDR 2+ IDR 4	0.107c	8.948bc	164.714
Canchan	Propineb	0.048d	16.850ab	330.194
Canchan	DSS	0.013e	17.963ab	481.381
Canchan	Control	0.340a	1.831c	0.000
Yungay	IDR 2	0.044de	16.519ab	271.187
Yungay	IDR 2+propineb	0.041de	14.045ab	295.325
Yungay	IDR 4	0.114b	6.321bc	45.450
Yungay	IDR 4+propineb	0.062cd	11.825abc	171.105
Yungay	IDR 2+ IDR 4	0.082bc	7.186bc	146.696
Yungay	Propineb	0.033e	17.875a	332.832
Yungay	DSS	0.014f	20.546a	466.242
Yungay	Control	0.287 ^a	2.615c	0.000
UNICA	IDR 2	0.026c	21.872ab	246.301
UNICA	IDR 2+propineb	0.042c	27.759a	253.295
UNICA	IDR 4	0.117b	20.181ab	38.292
UNICA	IDR 4+propineb	0.034c	24.592ab	157.696
UNICA	IDR 2+ IDR 4	0.093b	17.416b	143.901
UNICA	Propineb	0.032c	28.093a	259.375
UNICA	DSS	0.020c	27.037ab	282.433
UNICA	Control	0.169a	17.358b	0.000
Serranita	IDR 2	0.007a	21.848a	152.266
Serranita	IDR 2+propineb	0.007a	21.964a	168.624
Serranita	IDR 4	0.008a	20.114a	26.906
Serranita	IDR 4+propineb	0.008a	21.653a	112.240
Serranita	IDR 2+ IDR 4	0.008a	19.035a	86.132
Serranita	Propineb	0.006a	22.737a	187.761
Serranita	DSS	0.005a	23.360a	186.401
Serranita	Control	0.018a	17.762a	0.000

^{a, b} Letras diferentes indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($\alpha=0.01$), solo para comparaciones verticales dentro de cada variedad. Los datos son los originales

^c El impacto ambiental fue calculado según los valores de EIQ's obtenidos por el Programa de manejo integrado con pesticidas de la Universidad de Cornell (<https://nysipm.cornell.edu/eiq/list-pesticide-active-ingredient-eiq-values>).

4.6. Correlación del rendimiento y la severidad de la enfermedad (rAUDPC).

El incremento en los valores de rAUDPC produjo un decrecimiento en el rendimiento, estableciéndose una relación lineal, inversa y significativa ($p < 0.01$) entre las dos variables, con un coeficiente de Pearson de -0.75 (Figura 9, Anexo 58).

4.7. Impacto ambiental (IA) calculado de los tratamientos empleados en campo.

El impacto ambiental (IA) de los tratamientos fue calculado por variedad y zona evaluada. Se observó que en las variedades susceptibles los tratamientos que presentaron mayor IA en las tres zonas evaluadas fueron *DSS* seguido de aplicaciones solo de propineb, a diferencia de los tratamientos de aplicaciones solo de IDR 4 y de alternancia de IDR 4 con IDR 2, que tuvieron valores más bajos de IA (Tabla 11, 12 y 13).

En la variedad moderadamente resistente UNICA y en la variedad resistente Serranita se obtuvieron también los valores más altos de IA con *DSS* y aplicaciones solo de propineb en las tres zonas evaluadas. Los valores de IA fueron mayores en las variedades susceptibles que los calculados para las variedades moderadamente resistente y resistente (Tabla 11, 12 y 13).

4.8. Análisis económico de los tratamientos empleados en campo.

El análisis económico se calculó solo para los tratamientos no dominantes, ya que presentaron una relación directamente proporcional entre el incremento del costo variable y el beneficio neto obtenido con respecto al tratamiento control.

En la variedad Canchán se observó que los tratamientos de aplicaciones solo de propineb, solo de IDR 2, alternancia de los mismos y el uso del *DSS*, presentaron tasas de retorno marginal por encima del 90%. Por cada dólar invertido en implementar un manejo del cultivo con uno de estos tratamientos se recupera lo invertido y se obtiene un monto adicional superior a \$0.90 dependiendo del tratamiento que se emplee (Tabla 15).

En la variedad Yungay se obtuvieron porcentajes de tasa de retorno marginal superior al 70% con los tratamientos de aplicaciones solo de IDR 2, alternancia de IDR 2 con propineb, aplicaciones solo de propineb y uso del *DSS* y alrededor del 40% con el tratamiento

de aplicaciones de alternancia de IDR 4 con propineb. Por cada dólar invertido en implementar un manejo del cultivo con uno de estos tratamientos se recupera lo invertido y se obtiene un monto adicional superior a \$0.40 dependiendo del tratamiento que se emplee (Tabla 14).

En la variedad moderadamente resistente UNICA, el tratamiento que obtuvo una tasa de retorno marginal por encima del 25% fue el de aplicaciones alternadas de IDR 4 con propineb y por encima de 100% con los tratamientos de aplicaciones alternadas de IDR 2 con propineb, solo propineb y uso del *DSS*. Por cada dólar invertido en implementar un manejo del cultivo con uno de estos tratamientos se recupera lo invertido y se obtiene un monto adicional superior a \$0.25 dependiendo del tratamiento que se emplee (Tabla 15).

En la variedad resistente Serranita se obtuvo una tasa de retorno marginal mayor al 14% en aplicaciones de IDR 2 con propineb y mayor al 150% con aplicaciones solo de propineb y uso del *DSS*. Por cada dólar invertido en implementar un manejo del cultivo con uno de estos tratamientos se recupera lo invertido y se obtiene un monto adicional superior a \$0.14 dependiendo del tratamiento que se emplee (Tabla 15).

Tabla 14. Análisis económico de los tratamientos por variedades evaluados en las zonas de Pogzogán, Santa Cruz y Aco.

Variedad	Tratamiento	Análisis de dominancia	Costo variable (USD) ^a	Beneficio bruto (USD/ha) ^a	Beneficio neto (USD/ha) ^b	Tasa de retorno marginal (%) ^c
Canchan	IDR 2		1163.403	2541.773	1378.370	97.036
	IDR 2+propineb		895.483	3209.837	2314.354	225.290
	IDR 4	D	1568.998	1181.201	-387.798	
	IDR 4+propineb	D	1053.488	1306.745	253.257	
	IDR 2+ IDR 4	D	1368.866	1278.339	-90.527	
	Propineb		475.614	2407.334	1931.720	346.408
	DSS		1104.425	2566.121	1461.696	119.520
	Control	D	0.000	261.459	261.459	
Yungay	IDR 2		1149.895	2359.661	1209.766	72.076
	IDR 2+propineb		807.632	2006.347	1198.716	102.247
	IDR 4	D	1506.648	903.027	-603.622	
	IDR 4+propineb		939.821	1689.379	749.558	40.006
	IDR 2+ IDR 4	D	1200.001	1026.794	-173.207	
	Propineb		478.346	2553.700	2075.354	358.586
	DSS		1072.258	2935.296	1863.038	143.860
	Control	D	0.000	373.577	373.577	
UNICA	IDR 2	D	1026.612	3124.662	2098.049	
	IDR 2+propineb		668.384	3965.561	3297.177	124.188
	IDR 4	D	1260.362	2882.816	1622.454	
	IDR 4+propineb		823.776	3513.130	2689.353	25.420
	IDR 2+ IDR 4	D	1107.382	2487.864	1380.482	
	Propineb		372.200	4013.553	3641.353	267.118
	DSS		399.437	3946.561	3547.124	264.726
	Control	D	0.000	2479.946	2479.946	
Serranita	IDR 2	D	654.117	3121.035	2466.918	
	IDR 2+propineb		524.550	3137.799	2613.248	14.413
	IDR 4	D	896.364	2873.358	1976.995	
	IDR 4+propineb	D	568.698	3093.358	2524.660	
	IDR 2+ IDR 4	D	769.746	2719.075	1949.329	
	Propineb		277.967	3248.257	2970.290	159.202
	DSS		276.558	3337.217	3060.659	183.972
	Control	D	0.000	2537.644	2537.644	

^a Los datos representan la media del costo variable y beneficio bruto de las tres zonas evaluadas.

^b El beneficio neto resultado de la diferencia del beneficio bruto y el costo variable.

^c Se calculó la tasa de retorno marginal (%) solo para los tratamientos no dominantes.

4.9. Porcentaje de tejido necrótico evaluado en tubérculos completos.

El promedio del porcentaje de tejido necrótico en el ensayo de tubérculos completos estuvo por debajo del 15%. El análisis combinado para las tres zonas mostró que la variedad UNICA fue la que presentó mayor porcentaje de tejido necrótico seguido de la variedad Yungay, mientras que las variedades Canchán y Serranita no mostraron diferencias significativas entre sí ($p>0.01$) (Anexo 82).

En las zonas de Pogzogan y Santa Cruz no se observaron diferencias estadísticas entre las variedades Yungay, Canchán y Serranita (Anexo 66 y Anexo 71) a diferencia de la zona de Aco, donde la variedad Yungay presentó mayor porcentaje de tejido necrótico que ambas ($p>0.01$) (Anexo 76).

En la variedad Canchán, los tratamientos con aplicaciones solo de IDR 2, solo IDR 4, aplicaciones de IDR 2 alternado con propineb y uso del *DSS* resultaron en un bajo porcentaje de tejido necrótico de los tubérculos cosechados en la zona de Pogzogan. En la zona de Santa Cruz todos los tratamientos presentaron porcentajes bajos de tejido necrótico. En la zona de Aco el tratamiento de aplicaciones de *DSS* seguido del tratamiento de aplicaciones de IDR 2 alternado con propineb fueron los que presentaron menor porcentaje de tejido necrótico que el tratamiento control (Tabla 16).

En la variedad Yungay no se observaron diferencias estadísticas ($p>0.05$) en el porcentaje de tejido necrótico de tubérculos cosechados de plantas tratadas con solo IDR 2, solo IDR 4, ambos productos alternados con propineb y uso del *DSS* en las zonas de Pogzogan y Aco. En la zona de Santa Cruz la alternancia de IDR 4 y IDR 2 resultó también en un reducido porcentaje de tejido necrótico a diferencia del tratamiento control (Tabla 16).

En la variedad UNICA se observó que los tratamientos solo de IDR 4, solo de IDR 2 y alternancia de ambos productos con propineb presentaron bajo porcentaje de tejido necrótico en las tres zonas evaluadas; además el uso del *DSS* en las zonas de Pogzogan y Aco también redujo el porcentaje de tejido necrótico a diferencia del tratamiento control (Tabla 16).

En la variedad Serranita cultivadas en las zonas de Pogzogan y Santa Cruz no se observaron diferencias estadísticas entre las aplicaciones solo de IDR 2, solo de IDR 4, alternancia de ambos productos con propineb, alternancia entre productos y uso del *DSS*. En la zona de Aco se observó que aplicaciones alternadas de IDR 2 con propineb mostraron porcentajes más bajo de tejido necrótico que en el control (Tabla 16).

Según el análisis combinado para determinar el efecto tratamiento sobre las variedades, se obtuvo que el tratamiento con menor porcentaje de tejido necrótico fue el de aplicaciones solo con IDR 2, seguido de IDR 2 con alternancia de propineb y uso del *DSS*. Los tratamientos que mostraron mayor porcentaje de tejido necrótico después del control fueron el de aplicaciones solo de propineb y el de aplicaciones solo de IDR 4 (Anexo 83, Figura 10).

4.10. Porcentaje de tejido necrótico evaluado en rodajas de tubérculos

Los tubérculos de papa cosechados de plantas de la variedad Serranita fueron los que mayor porcentaje de daño presentaron para las tres zonas evaluadas. Las variedades Canchán y UNICA no mostraron diferencias significativas ($p>0.01$) con respecto al porcentaje de tejido necrótico en las zonas de Santa cruz y Aco (Anexo 90 y 95) a diferencia de lo observado en la zona de Pogzogan (Anexo 85) donde la variedad Canchán presentó mayor porcentaje de tejido necrótico que la variedad UNICA.

En las zonas de Pogzogan y Santa Cruz la variedad Yungay fue la que presento menor porcentaje de tejido necrótico, seguido de la variedad UNICA mientras que, en la zona de Aco no se observaron diferencias significativas ($p>0.01$) entre las variedades Yungay, UNICA y Canchán.

El análisis combinado de las tres zonas mostró que la variedad Serranita fue la que presento mayor porcentaje de tejido necrótico, seguido de las variedades Canchán y UNICA, mientras que la variedad con menor daño fue la variedad Yungay (Anexo 101, Figura 11).

Con respecto al efecto de los tratamientos, los discos de tubérculos cosechados de plantas de la variedad Canchán tratadas con aplicaciones de IDR 2 alternado con IDR 4 y uso del *DSS* fueron los que presentaron menor porcentajes de tejido necrótico en la zona de Pogzogan;

mientras que en las zonas de Santa Cruz y Aco los tratamientos de aplicaciones solo IDR 2 y uso del *DSS* presentaron menores porcentajes de tejido necrótico (Tabla 17).

En la zona de Pogzogan, no se encontró diferencias significativas ($p>0.05$) en el porcentaje de tejido necrótico en los tubérculos de la variedad Yungay en todos los tratamientos evaluados a excepción del tratamiento con aplicaciones solo de propineb. En la zona de Santa Cruz el tratamiento con el que se obtuvieron menores porcentajes de tejido necrótico fue con el uso del *DSS*. En la zona de Aco el uso del *DSS*, aplicaciones solo de IDR 2 y su alternancia con IDR 4 lograron el menor porcentaje de tejido necrótico en las rodajas de tubérculos.

En la zona de Pogzogan los tratamientos con los que se obtuvieron menores porcentajes de necrosis de tubérculos de la variedad UNICA fueron a través de aplicaciones solo de IDR 2, alternancia con propineb, alternancia con IDR 4 y aplicaciones solo de IDR 4 ($p>0.05$). En la zona de Santa Cruz y Aco la mayoría de los tratamientos resultaron en un menor porcentaje de tejido necrótico excepto del tratamiento de aplicaciones solo de propineb.

En la variedad Serranita, los tratamientos que presentaron diferencias significativas ($p<0.05$) con el control fueron IDR 2, IDR 2 alternado con propinebl, IDR 2 alternado con IDR 4 y aplicaciones solo de IDR 4 en las zonas de Pogzogan y Aco. En la zona de Santa Cruz el tratamiento de IDR 4 resultó en un menor porcentaje de tejido necrótico.

En todas las variedades y zonas evaluadas, se observó que las rodajas de tubérculos cosechadas de plantas tratadas con fungicida de contacto propineb presentaron mayor porcentaje de tejido necrótico seguido del tratamiento control (Anexo 102, Figura 11).

Tabla 15: Tejido necrótico (%) evaluado en el ensayo de tubérculos completos

Variedades	Tratamientos	Tejido necrótico (%)*		
		Pogzogan	Santa Cruz	Aco
Canchan	IDR 2	2.00c	3.00bc	2.17b
	IDR 2+propineb	3.78bc	2.78c	1.11bc
	IDR 4	4.56abc	4.22bc	2.67b
	IDR 4+propineb	5.33ab	4.33bc	2.83b
	IDR 2+ IDR 4	5.00ab	2.56c	1.92bc
	Propineb	6.62ab	5.89b	2.89b
	DSS	3.63bc	3.22bc	0.33c
	Control	7.5a	10.75a	11.33a
Yungay	IDR 2	3.78bc	2.78b	2.92b
	IDR 2+propineb	3.44bc	3.00b	2.00b
	IDR 4	3.5bc	4.22b	2.75b
	IDR 4+propineb	5.33ab	4.44b	1.33b
	IDR 2+ IDR 4	2.33c	4.11b	7.00a
	Propineb	3.22bc	10.03a	10.44a
	DSS	5.11abc	4.89b	2.83b
	Control	8.17a	10.22a	11.00a
UNICA	IDR 2	3.78b	4.44c	5.75bc
	IDR 2+propineb	8.11ab	7.11bc	3.67c
	IDR 4	8.08ab	6.33bc	5.06c
	IDR 4+propineb	8.67ab	6.11bc	4.75c
	IDR 2+ IDR 4	7.56ab	5.22c	4.44c
	Propineb	9.33a	9.92ab	9.33b
	DSS	5.44b	9.58ab	3.33c
	Control	10.83a	14.22a	17.50a
Serranita	IDR 2	3.22b	4.22b	2.00bcd
	IDR 2+propineb	3.56ab	3.67b	1.17cd
	IDR 4	4.83ab	3.22b	3.22abc
	IDR 4+propineb	2.78b	2.78b	3.67ab
	IDR 2+ IDR 4	4.89ab	4.33b	1.75bcd
	Propineb	6.17a	5.33ab	0.54d
	DSS	4.11ab	3.22b	3.17abc
	Control	6.33a	8.00a	4.94a

*Datos re transformados para la elaboración de esta tabla. Letras diferentes dentro de cada variedad y zona representan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$)

Tabla 16: Tejido necrótico (%) evaluado en el ensayo de rodajas de tubérculos.

Variedades	Tratamientos	Tejido necrótico (%) [*]		
		Pogzogon	Santa Cruz	Aco
Canchan	IDR 2	23.33bc	20.56d	13.13d
	IDR 2+propineb	29.17ab	26.67bcd	15.56cd
	IDR 4	25.00abc	27.22bc	16.67cd
	IDR 4+propineb	23.13bc	30.00ab	20.63bc
	IDR 2+ IDR 4	19.38c	24.58bcd	17.08cd
	Propineb	28.25ab	34.58a	25.42b
	DSS	20.63c	21.67cd	12.36d
	Control	30.56a	34.79a	35.56a
Yungay	IDR 2	17.50b	19.58abc	18.13cd
	IDR 2+propineb	19.44b	18.13bc	20.42bc
	IDR 4	21.53ab	16.67c	20.63bc
	IDR 4+propineb	20.42ab	16.88c	20.42bc
	IDR 2+ IDR 4	18.75b	23.13ab	14.38d
	Propineb	25.69a	23.33ab	24.17ab
	DSS	18.33b	5.92d	17.08cd
	Control	25.63a	25.42a	30.63a
UNICA	IDR 2	16.94c	18.75c	18.13b
	IDR 2+propineb	15.83c	23.75c	18.08b
	IDR 4	16.67c	22.64c	19.79b
	IDR 4+propineb	23.47b	24.03bc	19.38b
	IDR 2+ IDR 4	19.17bc	30.42ac	20.69b
	Propineb	33.75a	33.89a	22.50ab
	DSS	20.14b	20.42c	18.75b
	Control	31.86a	35.42a	28.54a
Serranita	IDR 2	25.97d	27.92c	26.67bcd
	IDR 2+propineb	32.08bcd	42.64ab	25.83cd
	IDR 4	32.92bcd	23.75d	24.79cd
	IDR 4+propineb	39.72ab	42.17b	28.54abc
	IDR 2+ IDR 4	28.75cd	32.78c	24.17d
	Propineb	37.64ab	31.78c	34.38a
	DSS	33.75bc	30.97c	30.83abc
	Control	45.21a	51.25a	33.00ab

*Datos re transformados para la elaboración de esta tabla. Letras diferentes dentro de cada variedad y zona representan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

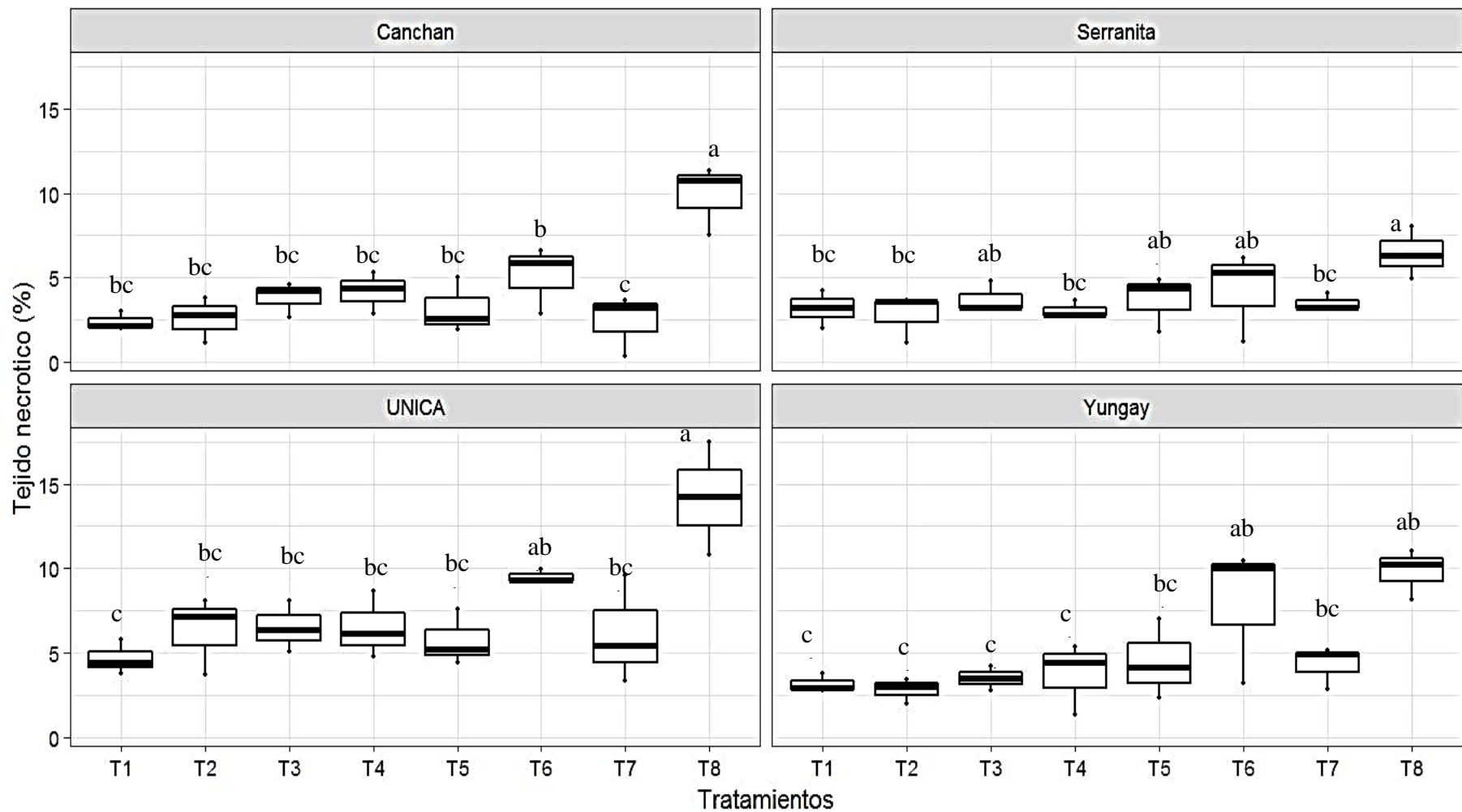


Figura 10. Tejido necrótico (%) en tubérculos completos de papa infectados con *P. infestans* (el eje x representa los tratamientos de izquierda a derecha T1. IDR 2, T2. IDR 2+ propineb, T3. IDR 4. T4. IDR 4+ propineb, T5. IDR 4+ IDR 2, T6. Propineb, T7. DSS y T8. Control. Letras diferentes dentro de cada variedad indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$).

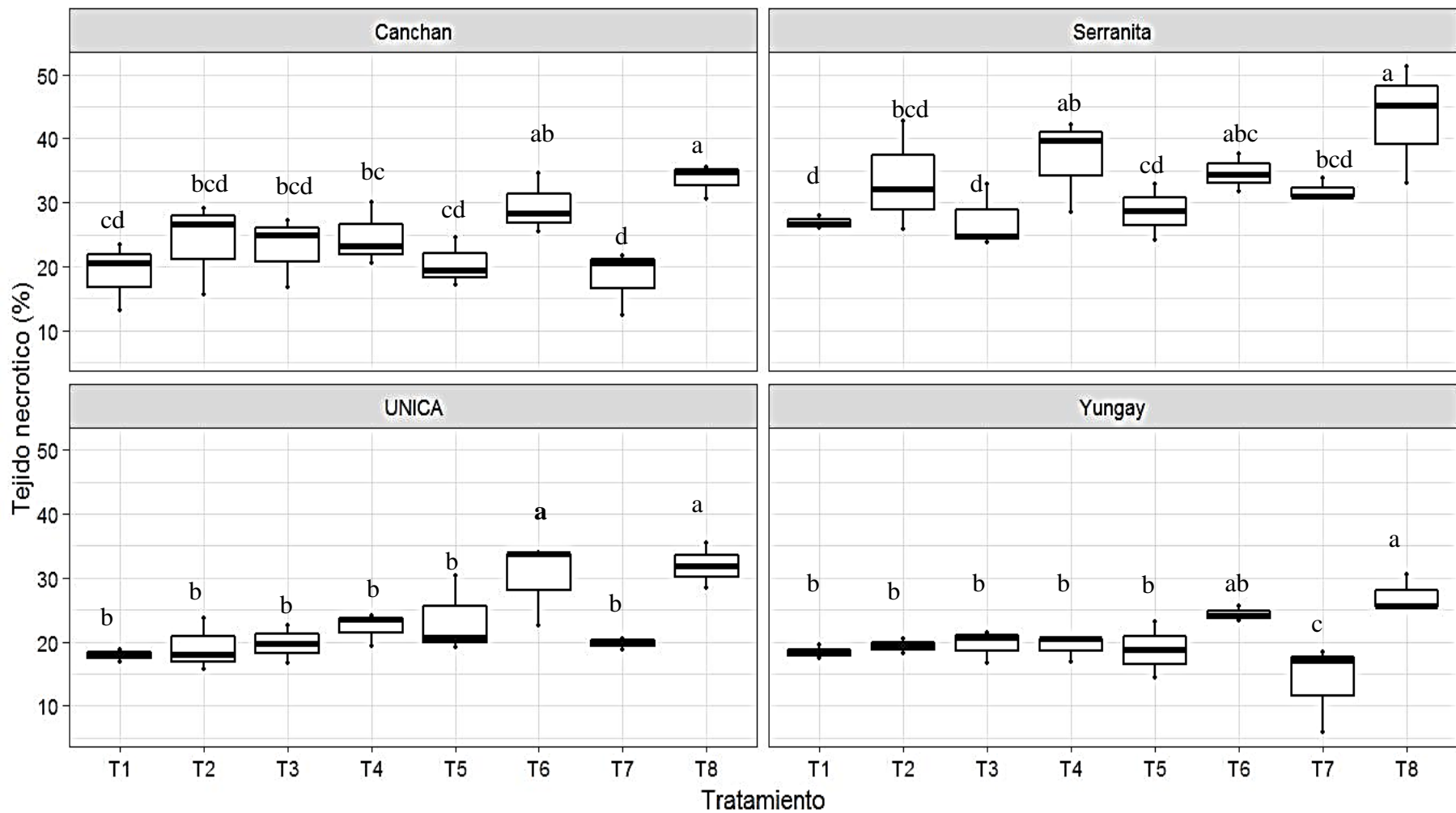


Figura 11. Tejido necrótico (%) en rodajas de tubérculos infectados con *P. infestans* (el eje x representa los tratamientos de izquierda a derecha T1. IDR 2, T2. IDR 2+ propineb, T3. IDR 4. T4. IDR 4+ propineb, T5. IDR 4+ IDR 2, T6. Propineb, T7. DSS y T8. Control. Letras diferentes dentro de cada variedad indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$).

4.11. Correlación entre el grado de susceptibilidad de las variedades y la severidad evaluada en rodajas y tubérculos completos inoculados con *P.infestans*.

No se observó una correlación lineal significativa ($r=-0.116$, $p=0.499$; $r=-0.018$, $p=0.916$) entre el grado de susceptibilidad foliar de las variedades a *P. infestans* con respecto a la respuesta de la resistencia inducida por los productos comerciales IDR 2 y IDR 4 en el ensayo del tubérculo completo (Anexo 103). En el ensayo de rodajas de tubérculos, se observó una correlación lineal inversa y significativa ($r=-0.644$, $p=0.000$; $r=-0.425$, $p=0.010$) (Anexo 104, Figura 12).

4.12. Contenido de fenoles totales (CFT) en tubérculos completos.

El análisis combinado de variancias mostró diferencias estadísticas entre variedades y tratamientos, mas no entre zonas. Las interacciones de zona por variedad, tratamiento por variedad y zona por tratamiento fueron estadísticamente significativas ($p<0.05$) (Anexo 121).

El más alto contenido de fenoles (CFT) fue obtenido por la variedad Yungay seguido de las variedades Serranita y UNICA, las cuales no mostraron diferencias entre sí ($p>0.05$). La variedad con menor CFT fue Canchán (Anexo 123).

El análisis de efectos simples mostró que solo la variedad Canchán presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos, donde el mayor CFT fue determinado en los tubérculos cosechados de plantas tratadas con IDR 4 y el control (Anexo 222, Figura 13), y la variedad UNICA solo en la zona de Santa Cruz presentó mayor CFT por aplicaciones de IDR 2, en las demás zonas no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0.05$) (Tabla 18).

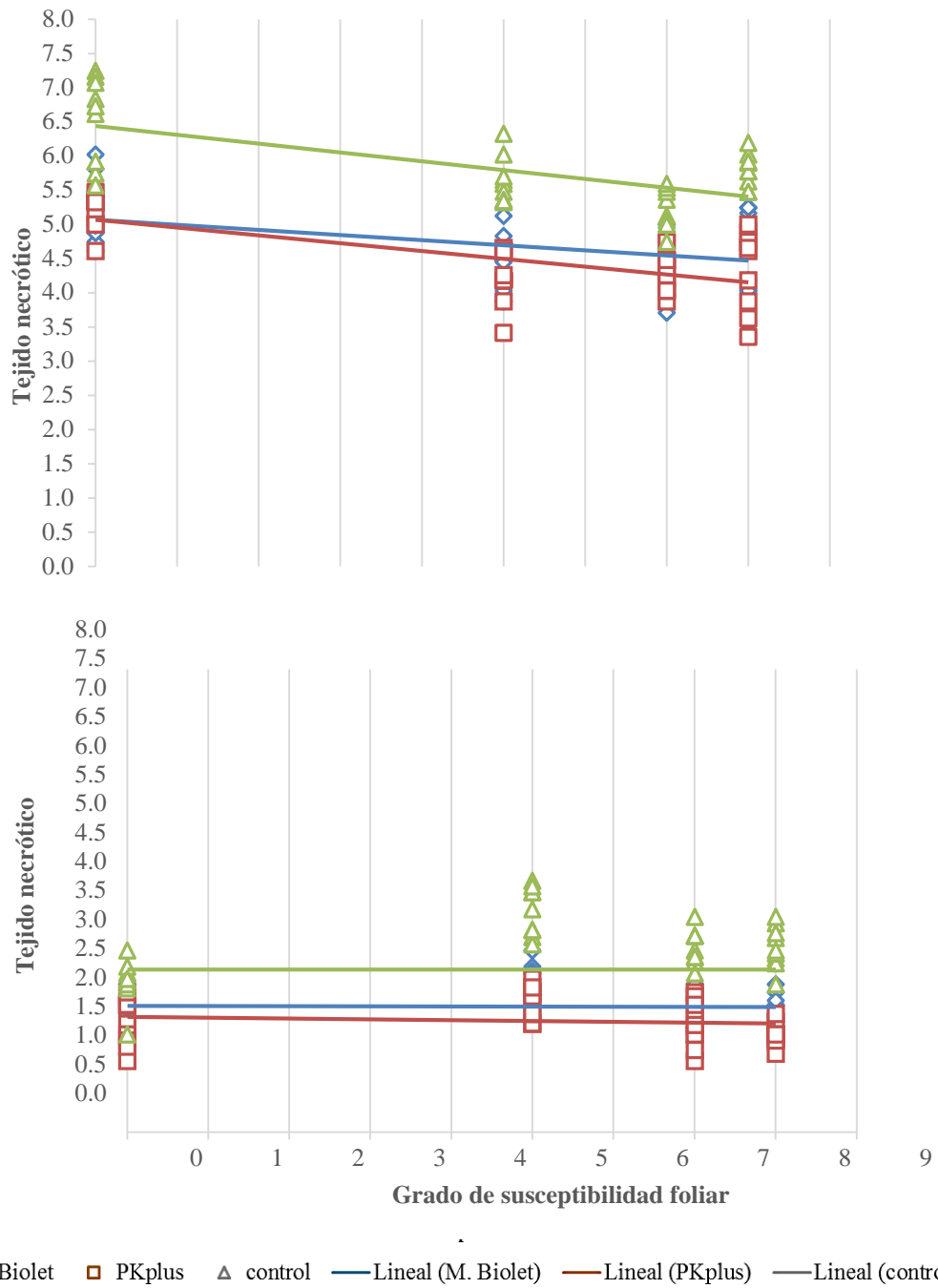


Figura 12. Correlación del grado de susceptibilidad foliar de variedades de papa respecto al porcentaje de tejido necrótico de rodajas y tubérculos completos inoculados con *P. infestans*, cosechados de plantas tratadas con IDR 2 y IDR 4.

Tabla 17. Contenido de fenoles totales (CFT) en tubérculos de papa cosechados de plantas aplicadas con IDRs.

Variedades	Tratamientos	CFT (mg/100g BS)		
		Pogzogan	Santa cruz	Aco
Canchán	IDR 2	344.63 b	445.25 b	409.77 a
	IDR 4	425.99 ab	476.14 b	423.53 a
	Control	437.56 a	568.80 a	473.86 a
Yungay	IDR 2	559.37 b	596.86 a	590.98 a
	IDR 4	703.07 a	588.92 a	644.07 a
	Control	577.43 ab	659.88 a	677.04 a
UNICA	IDR 2	485.22 a	554.37 a	486.63 a
	IDR 4	484.81 a	462.12 b	559.76 a
	Control	528.33 a	462.99 b	483.23 a
Serranita	IDR 2	503.48 a	538.94 a	470.98 a
	IDR 4	536.06 a	461.31 b	565.94 a
	Control	493.13 a	536.11 a	556.30 a

*Datos analizados según la prueba de Tukey, letras diferentes dentro de una misma variedad y zona indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

*Los datos de la tabla fueron re transformados a los valores originales.

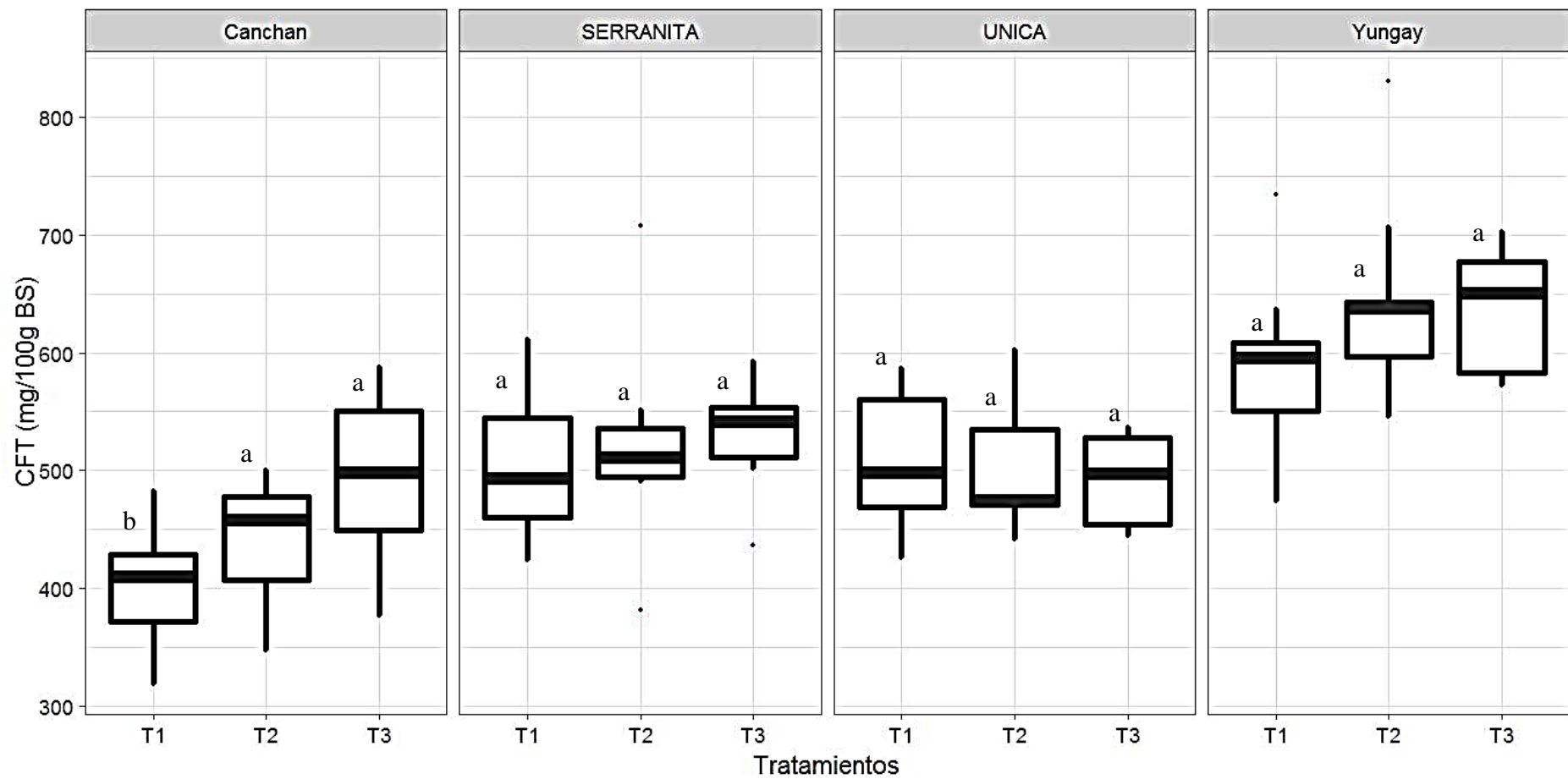


Figura 13. Contenido de fenoles totales (CFT) por 100g de base seca (BS), de tubérculos de cuatro variedades de *S. tuberosum* cosechadas de plantas tratadas con aplicaciones de 1. IDR 2, 2. IDR 4 y 3. Sin aplicaciones (control). Letras iguales dentro de cada variedad indican diferencias no significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos.

V. DISCUSIÓN

La activación química de la resistencia a enfermedades en plantas puede representar una opción adicional para la protección del cultivo, esto puede ser una opción complementaria al control químico contra algunos patógenos, donde la resistencia genética no está disponible o no es suficiente o contra patógenos con una historia de adaptación a fungicidas (Andreu et al., 2006).

El control de *P. infestans* a través de la inducción de resistencia en una variedad susceptible Bintje fue reportado por Liljeroth et al., (2010) ellos determinaron que a 4 días después de aplicado el ácido β -aminobutírico (BABA) bajo condiciones de invernadero, el diámetro de la lesión fue reducida en 50% con respecto al control en el que se aplicó solo agua. En otro estudio, Andreu et al. (2006) determinaron que a los 3 días después de aplicado ácido β -aminobutírico (BABA) en una variedad susceptible de papa, obtuvieron un mejor control de la racha y Kromann et al. (2012) después de 1 día de aplicado fosfito de potasio obtuvieron un control de la enfermedad en diferentes variedades de papa bajo condiciones de campo.

En nuestros resultados no se mostraron diferencias estadísticas entre 1, 2 y 3 días después de aplicado (ddap) IDR 2 y IDR 4, ya que ambos productos presentaron bajos valores de severidad, además el porcentaje de protección al follaje se mantuvo en 90% hasta 15 ddap. Resultados similares fueron reportados por Lobato et al. (2008), quienes determinaron un 90% de protección foliar hasta 14 días después de aplicado fosfito de potasio en la variedad susceptible Shepody.

Los antecedentes expuestos líneas arriba nos permiten deducir que los compuestos químicos fosfatados (fosfitos) y ácidos carboxílicos (lignosulfonato de aluminio) que actúan en las plantas como inductores de resistencia pueden translocarse a toda la planta a partir del primer día de su aplicación.

En estudios realizados sobre la aplicación de Silicio (Si) para el control de enfermedades, Fawe et al. (2001) propusieron que el Silicio (Si) desempeña un rol activo en el refuerzo de la resistencia a enfermedades mediante la estimulación de reacciones naturales de defensa de las plantas. Ferreira et al. (2015) determinaron que el suplemento de Si en plantas de melón mejora la resistencia contra *Acidovorax citrulli*, además Fawe et al. (1998) determinaron que el Si incrementa la resistencia del melón a *Sphaeroteca fugilinea*, sin embargo, en nuestros ensayos no se observó control de la enfermedad mediante la aplicación de IDR 1 (producto a base de Si), el cual incluso presentó valores de severidad semejante al tratamiento control a base de agua.

Estas diferencias pueden deberse a que unos de los mecanismos de defensa activados por el Si es el incremento de quitinasas (Cherif, 1994; Chérif et al., 1992; Fawe et al., 2001), el cual no tendría efecto contra *P. infestans*, ya que al ser un oomiceto no presenta quitina como parte de su pared celular (Perez and Forbes, 2008); además, no se encontraron reportes científicos del uso de Si en el control de racha.

Se ha reportado que el ácido fosforoso es capaz de controlar enfermedades causadas por oomicetos (Cooke and Little., 2002) a través de dos efectos: uno directo, que inhibe la fosforilación oxidativa en el metabolismo de oomicetos (McGrath, 2004) y otro indirecto, que estimula la respuesta natural de defensa de las plantas (Smillie et al., 1989). Lobato et al. (2008) reportó diferentes niveles de protección contra *P. infestans* mediante el uso de fosfitos, los cuales dependieron de las dosis empleadas y la edad de la planta; además sugirió que el efecto protector del fosfito contra los patógenos puede ser afectado por su forma catiónica y por el genotipo del huésped.

En nuestros ensayos el producto comercial a base de fosfitos (IDR 2) y a base de lignosulfonato de aluminio (IDR 4) presentaron igual control que los fungicidas de contacto mancozeb y propineb; sin embargo, en el ensayo bajo condiciones de invernadero se observó que IDR 4 presentó mayor severidad que los obtenidos por los fungicidas de contacto. A diferencia de lo reportado por Wilhelmus et al. (2010) quienes determinaron que su producto a base de lignosulfonato de sodio presentó mejor control que los fungicidas de contacto en plantas de una variedad susceptible. Esta disimilitud podría deberse a que su producto cuenta además con fosfito de potasio lo que podría brindar un mejor efecto a diferencia de lo obtenido con IDR 4.

En trabajos realizados bajo condiciones de campo, Wang-Pruski et al. (2010) determinaron que para variedades susceptibles Shepody y Russet Burbank las aplicaciones alternadas de fosfitos con fungicida de contacto (i.a. clorotalonil) brindaron mejor protección contra la racha que aplicaciones solo de fungicida. Por otro lado, Mayton et al. (2008) determinaron que los fosfitos controlan la racha a nivel de tubérculos mejor que el fungicida de contacto (clorotalonil), pero a nivel foliar el control fue mejor con fungicidas. En el presente trabajo, se determinó que el mejor control a nivel foliar para variedades susceptibles (Canchán y Yungay), se obtuvo a través de aplicaciones de fungicidas sistémicos y de contacto (*DSS*), seguido de aplicaciones alternadas de fosfito (IDR 2) con un fungicida de contacto (i.a. propineb) y aplicaciones solo de fungicida de contacto en las tres zonas evaluadas, sin embargo, no presentaron diferencias significativas con respecto al rendimiento.

La zona donde se reportó menor incidencia de lluvias durante el ciclo de desarrollo de las plantas, el tratamiento con aplicaciones solo de fosfitos (IDR 2) produjo también un adecuado control de la enfermedad a nivel foliar. Esto probablemente este dado, porque en la zona con menor precipitación la presión de la enfermedad es menor, sin embargo, esto no afectó los rendimientos ya que este tratamiento no fue estadísticamente diferente a los otros tratamientos que controlaron la enfermedad a nivel foliar reportados en las otras dos zonas. Por lo que se concluye que en variedades susceptibles la enfermedad puede controlarse con aplicaciones solo de IDR 2 o IDR 2 alternado con fungicida de contacto, además ambos tratamientos inducen rendimientos semejantes a los obtenidos con fungicidas sistémicos y/o de contacto.

Con lo referente a la efectividad del uso de IDR 4 para el control de racha en variedades susceptibles, se determinó que bajo condiciones de campo dicho producto no mostró una protección significativa durante todo el periodo del cultivo, además los rendimientos obtenidos no fueron estadísticamente diferentes al tratamiento control, sin embargo, su alternancia con un fungicida de contacto resultó en mejores rendimientos en las tres zonas evaluadas.

Estos resultados confirman lo obtenido en el ensayo bajo condiciones de invernadero, donde se determinó que IDR 4 presentó menor control que los fungicidas de contacto a diferencia de lo expuesto por Wilhelmus et al. (2010). Esta diferencia probablemente pueda deberse a la adición de fosfito de potasio en el producto, ya que existen múltiples reportes

de la eficiencia del mismo en el control de racha (Johnson et al., 2004; Mayton et al., 2008; Olivieri et al., 2012). Además, la alternancia con propineb mejora su eficiencia en el control de la enfermedad ya que según Samoucha and Cohen, (1986) el uso de propineb controla efectivamente la racha en campo, ya que reduce la incidencia de la enfermedad e incrementa el rendimiento.

En variedades moderadamente resistentes el control de la racha mediante aplicaciones de fosfitos fueron reportados Liljeroth et al. (2016) quienes determinaron que el fosfito de potasio en combinación con la mitad de la dosis de fungicida, resulto en un mismo nivel de protección de hojas y tubérculos que los tratamientos con dosis completas de fungicidas.

En el presente trabajó se determinó que en la variedad UNICA, los tratamientos de aplicaciones solo de IDR 2 y alternancia de IDR 4 con un fungicida de contacto controlaron la enfermedad al igual que aplicaciones solo con fungicida de contacto. Con respecto al rendimiento estos tratamientos incluidos las aplicaciones de alternancia de IDR 2 con propineb no mostraron diferencias estadísticas entre sí. Es decir que para variedades moderadamente resistentes aplicaciones solo de IDR 2, alternancia de IDR 2 con un fungicida de contacto o alternancia de IDR 4 con un fungicida de contacto resultan en un control adecuado de la enfermedad, así como la obtención de rendimientos altos.

En la variedad resistente Serranita no se observaron diferencias significativas entre tratamientos a base de inductores de resistencia y/o fungicidas de contacto, estos tratamientos controlaron la enfermedad a nivel foliar y produjeron rendimientos estadísticamente semejantes entre sí.

Esta respuesta independiente del grado de susceptibilidad de las variedades con los diferentes tratamientos, además de la alta diferencia significativa reportada entre la interacción de variedades por tratamiento, nos lleva a inferir que la expresión de la resistencia es dependiente del grado de susceptibilidad de las variedades, lo cual también fue determinado por Hijwegen and Verhaar (1995); Liljeroth et al. (2016); Lobato et al., 2008. Otro aspecto discutido es el consumo metabólico mediado por la activación de los mecanismos de defensa por aplicación de fosfitos, el cual podría afectar indirectamente los rendimientos. Para lo cual Liljeroth et al. (2016) determinaron que el rendimiento no se ve afectado por los tratamientos

con aplicaciones de fosfitos, además reportaron una alta correlación negativa entre los diferentes cultivares y años de evaluación con respecto al rAUDPC y al rendimiento, es decir que menores rAUDPC se vieron reflejados en mayores rendimientos. De la misma forma en el presente trabajo también se reportó una correlación negativa entre ambas variables, además los valores de rendimientos reportados por el tratamiento a base de fosfitos no fueron diferentes a los obtenidos por aplicaciones de fungicidas de contacto en las cuatro variedades evaluadas.

La selección de la mejor estrategia para el manejo de ranca en campo no solo depende del nivel de susceptibilidad de la variedad y del ambiente, sino también del impacto ambiental (IA) de los productos empleados, así como del análisis costo beneficio de los mismos.

Por muchos años, los programas de manejo integral de plagas (MIP) se han enfocado en un método alternativo de control con uso reducido de pesticidas, debido a los problemas de seguridad alimentaria, salud humana, contaminación de aguas subterráneas, etc., para lo cual Kovach et al. (1992) calcularon el coeficiente de impacto ambiental (EIQ) de los pesticidas, como un método para medir el impacto al ambiente (IA), el cual nos permitió determinar los tratamientos con los valores más bajos que fueron a través de aplicaciones solo de IDR 4, seguido de aplicaciones solo de IDR 2 y los valores más alto que fueron el uso de *DSS* y aplicaciones solo de propineb.

El análisis económico de los tratamientos se realizó según CIMMYT, (1988), quien propone el método de presupuestos parciales para organizar los datos de los experimentos, la información acerca de los costos y beneficios de los mismos. Este estudio nos permitió determinar que, en variedades susceptibles, los tratamientos que presentaron una tasa de retorno marginal superior al 50% fueron aplicaciones de IDR 2 solo y/o alternado con un fungicida de contacto, así como aplicaciones de fungicidas sistémicos y/o contacto. Para la variedad moderadamente resistente fueron los mismos tratamientos a excepción de aplicaciones solo de IDR 2 y para la variedad resistente solo se obtuvieron tasas de retorno marginal superior al 50% con aplicaciones con fungicida de contacto.

Con todo lo analizado líneas arriba se infiere que la mejor estrategia para el control de ranca en variedades susceptibles, considerando el IA más bajo y la tasa de retorno marginal superior al 50% es mediante aplicaciones solo de IDR 2, para variedades moderadamente

resistentes es mediante alternancia de IDR 2 con un fungicida de contacto y para la variedad resistente es mediante aplicaciones solo de fungicida de contacto. Sin embargo, estos datos son muy variables ya que la tasa de retorno es dependiente del costo de venta del tubérculo, el cual puede fluctuar por zona y época del año, así que tratamientos con menor retorno pueden ser alternativas cuando el costo de venta se incrementa.

La resistencia a nivel del tubérculo puede ser usado para minimizar el riesgo de infección del tubérculo durante la estación de crecimiento hasta la cosecha, lo cual podría prever la pérdida de rendimientos, así como reducir los niveles de semilla infectada y con esto disminuir la presión de la enfermedad en la siguiente campaña (Flier et al., 2001).

Algunos factores contribuyen a la resistencia de tubérculos de papa contra la infección de patógenos, como las barreras bioquímicas y mecánicas presentes en la pared celular del peridermo y del tejido parenquimatoso. Olivieri et al. (2012) determinaron un incremento en el contenido de pectina en tejidos de tubérculos de papa como respuesta a la aplicación foliar de fosfito de potasio frente a *Fusarium solani*. De la misma forma, Johnson et al. (2004) observaron una disminución en el daño por *P. infestans* en tubérculos cosechados de plantas tratadas con ácido fosforoso en cuatro variedades susceptibles y una moderadamente resistente. Los resultados obtenidos en el presente trabajo indican también que aplicaciones de fosfitos reducen el porcentaje de tejido necrótico frente a *P. infestans*, tanto en ensayo de rodajas de tubérculos como en el de tubérculos completos, en contraste al tratamiento control en todas las variedades y zonas evaluadas.

Los resultados también mostraron un bajo porcentaje de tejido necrótico en tubérculos provenientes de plantas tratadas con fungicidas sistémicos (*DSS*) a diferencia de lo obtenido por aplicaciones de fungicida de contacto (propineb). Los fungicidas sistémicos pueden penetrar dentro del tejido hospedero y translocarse arriba y abajo en todas las partes de la planta (Fernandez-Northcote et al., 2000; Majeed et al., 2011) lo que pudo haber proporcionado una barrera para el crecimiento y desarrollo de *P. infestans*, mientras que los fungicidas de contacto solo actuaron a través de la superficie sin penetrar en el tejido del hospedante (Dowley et al., 2008; Mantecon, 2007; Rahman et al., 2008).

En estudios de resistencia a *P. infestans* en tubérculos de papa (Sharma et al., 2013; Dorrance e Inglis, 1998) reportaron que algunos genotipos que mostraron altos niveles de resistencia foliar bajo condiciones de campo se comportaron como susceptibles en el ensayo de rodajas de tubérculos, reflejando una diferencia genética entre la resistencia de hojas y la de tubérculos. Por otro lado, Lal et al. (2013) reafirma que la expresión de la resistencia contra *P. infestans* en los tubérculos no está estrechamente relacionada con la de las hojas.

En el presente trabajo, tampoco se obtuvo una relación lineal positiva entre el grado de susceptibilidad foliar de las variedades evaluadas con la respuesta a la resistencia adquirida frente al patógeno *P. infestans* mediante aplicaciones de los IDRs IDR 2 y IDR 4 en los ensayos de discos y tubérculos completos. Esta baja relación entre la resistencia foliar y la de tubérculos puede estar dada por la disimilitud de los genes que gobiernan la resistencia a nivel foliar y los que gobiernan la resistencia a nivel del tubérculo, tratándose probablemente de nuevos genes R con efectos cuantitativos, que solo serían expresados en el tejido de tubérculos y que la probable respuesta de defensa de los mismos puede estar bajo control de loci de características cuantitativos (QTL) (Flier et al., 2001).

Esto podría explicar el hecho que la variedad susceptible Yungay o moderadamente resistente UNICA, fueron las que presentaron menor porcentaje de tejido necrótico en el ensayo de rodajas y no la variedad resistente Serranita, lo que nos lleva a pensar que probablemente dichas variedades cuenten con genes R que solo se expresan en la corteza y/o medula del tubérculo y que la aplicación de fosfito o lignosulfonato de aluminio al translocarse a los tubérculos pudo haber inducido su expresión génica.

Diferentes estudios reportaron un incremento en la actividad peroxidasa, B-1,3 glucanasa y acumulación de fenoles como respuesta de defensa de las plantas frente al ataque de patógenos (Daayf et al., 1995, 1997). Otros estudios mostraron que las estructuras fenólicas (lignina) pueden conferir fuerte rigidez a la pared celular de las células hospedadas (Fry, 1986) teniendo un rol en la resistencia a enfermedades (Cohen et al., 1990; Ride and Barber, 1987). Además, la resistencia inducida por el IDR acibenzolar-*S*-methyl (ASM) fue asociada con el incremento del contenido fenólico e incremento de la actividad de las enzimas relacionadas a la defensa en genotipos susceptibles y resistentes de *Pisum sativum* L. a *Uromyces pisi-sativi* (Barilli et al., 2010). Por otro lado, Zhang et al. (2011) determinaron que las múltiples aplicaciones con Acibenzolar-*S*-methyl (ASM) redujeron las infecciones

latentes causadas por *Alternaria alternata* y *Fusarium* spp. en melones y esta resistencia fue asociada con la acumulación de compuestos fenólicos.

En el presente trabajo no se observó una respuesta clara con respecto al contenido de fenoles totales (CFT) y la inducción de resistencia, ya que solo la variedad susceptible Canchán presento diferencias significativas entre los tratamientos, pero este fue obtenido con el tratamiento control y IDR 4. Esto puede deberse a que el contenido de compuestos fenólicos presentes en tubérculos de papa tiene un amplio rango de variación dependiendo del genotipo, las condiciones de cultivo, el proceso de post cosecha y el almacenamiento (Peña and Restrepo, 2013), así que pudo haber factores externos no controlados que intervinieron en la producción de dichos compuestos.

VI. CONCLUSIONES

- 1 Los productos IDR 2 a base de fosfito de potasio y IDR 4 a base de Lignosulfonato de aluminio presentaron igual eficacia en el control de la enfermedad que los fungicidas de contacto bajo condiciones de laboratorio. Bajo condiciones de invernadero solo el producto a base de fosfito de potasio mantuvo este efecto.
- 2 Bajo condiciones de campo los tratamientos más eficientes fueron aplicaciones de IDR 2 solo y/o alternado con un fungicida de contacto y aplicaciones solo de fungicida de contacto en variedades susceptibles. En la variedad moderadamente resistente fue aplicaciones de IDR 2 alternado con un fungicida de contacto y solo fungicida de contacto. Para la variedad resistente fue solo con aplicaciones de fungicida de contacto.
- 3 La expresión de la resistencia estimulada por uso de IDRs es dependiente del grado de susceptibilidad de las variedades.
- 4 La expresión de la resistencia contra *P. infestans* en los tubérculos no está estrechamente relacionada con la de las hojas. Aplicaciones de IDRs resultaron en menor porcentaje de tejido necrótico en rodajas y tubérculos completos en contraste al control

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda probar un rango mas amplio de dosis de los inductores de resistencia comerciales bajo condiciones de invernadero.

Se recomienda validar a inducción de la resistencia a través de la cuantificación de metabólicos secundarios que se expresan como respuesta ante el estrés .

Se recomienda hacer pruebas de aplicaciones con menor frecuencia en variedades moderadamente resistente y resistentes a ranca bajo condiciones de campo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade-Piedra, J.L., Cáceres, P.A., Forbes, G.A., Pumisacho, M., 2009. Humans: the neglected corner of the disease tetrahedron - developing a training guide for resource-poor farmers to control potato late blight. *Acta Hort.* 111–122. doi:10.17660/ActaHortic.2009.834.11

Andreu, A.B., Guevara, M.G., Wolski, E.A., Daleo, G.R., Caldiz, D.O., 2006. Enhancement of natural disease resistance in potatoes by chemicals. *Pest Manag. Sci.* 62, 162–170. doi:10.1002/ps.1142

Ayres, P.G., 1984. The Interaction Between Environmental Stress Injury and Biotic Disease Physiology. *Annu. Rev. Phytopathol.* 22, 53–75. doi:10.1146/annurev.py.22.090184.000413

Barbosa, M.A.G., Laranjeira, D., Coelho, R.S.B., 2008. Physiological cost of induced resistance in cotton plants at different nitrogen levels. *Summa Phytopathol.* 34. doi:10.1590/S0100-54052008000400007

Barilli, E., Prats, E., Rubiales, D., 2010. Benzothiadiazole and BABA improve resistance to *Uromyces pisi* (Pers.) Wint. In *Pisum sativum* L. with an enhancement of enzymatic activities and total phenolic content. 128, 483–493.

Barona, D., Andrade, H., 2013. Evaluación del Impacto ambiental de tecnologías para producción de papa (*S. tuberosum*) con alternativas al uso de plaguicidas peligrosos. *Food and Agriculture Organization of the United Nations.* 23, 1–11p.

Bashi, E., 1982. Inoculum Potential of *Phytophthora infestans* and the Development of Potato Late Blight Epidemics. *Phytopathology* 72, 1043. doi:10.1094/Phyto-72-1043

Beaumont, A., 1947. The dependence on the weather of the dates of outbreak of potato blight epidemics. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 31, 45–53. doi:10.1016/S0007-1536(47)80005-1

Belanger, R.R., 1995. Soluble Silicon: Its Role in Crop and Disease Management of Greenhouse Crops. *Plant Dis.* 79, 329. doi:10.1094/PD-79-0329

- Black, W., Mastenbroek, C., Mills, W.R., Peterson, L.C., 1953. A proposal for an international nomenclature of races of *Phytophthora infestans* and of genes controlling immunity in *Solanum demissum* derivatives. *Euphytica* 2, 173–179. doi:10.1007/BF00053724
- Burgos, G., Amoros, W., Muñoa, L., Sosa, P., Cayhualla, E., Sanchez, C., Díaz, C., Bonierbale, M., 2013. Total phenolic, total anthocyanin and phenolic acid concentrations and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes as affected by boiling. *J. Food Compos. Anal.* 30, 6–12. doi:10.1016/j.jfca.2012.12.001
- Burns, J.K., Cubero, J., Colburn, G.C., 2004. Chemical inducers and PR protein reporters for induced systemic resistance to citrus bacterial diseases. *Phytopathology* 94, 25.
- Carnegie, S.F., Colhoun, J., 1982. Susceptibility of Potato Leaves to *Phytophthora infestans* in relation to Plant Age and Leaf Position. *J. Phytopathol.* 104, 157–167. doi:10.1111/j.1439-0434.1982.tb00522.x
- Cherif, M., 1994. Defense Responses Induced by Soluble Silicon in Cucumber Roots Infected by *Pythium* spp. *Phytopathology* 84, 236. doi:10.1094/Phyto-84-236
- Chérif, M., Benhamou, N., Menzies, J.G., Bélanger, R.R., 1992. Silicon induced resistance in cucumber plants against *Pythium ultimum*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 41, 411–425. doi:10.1016/0885-5765(92)90053-X
- Chérif, Mohamed, Menzies, J.G., Benhamou, N., Bélanger, R.R., 1992. Studies of silicon distribution in wounded and *Pythium ultimum* infected cucumber plants. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 41, 371–385. doi:10.1016/0885-5765(92)90022-N
- CIMMYT (Ed.), 1988. From agronomic data to farmer recommendations: an economics training manual, Completely rev. ed. ed. CIMMYT Economics Program, México, D.F., México.
- Cohen, Y., Eyal, H., Hanania, J., 1990. Ultrastructure, autofluorescence, callose deposition and lignification in susceptible and resistant muskmelon leaves infected with the powdery mildew fungus *Sphaerotheca fuliginea*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 36, 191–204. doi:10.1016/0885-5765(90)90025-S

- Cohen, Y., Gisi, U., 1994. Systemic translocation of ^{14}C -dl-3-aminobutyric acid in tomato plants in relation to induced resistance against *Phytophthora infestans*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 45, 441–456. doi:10.1016/S0885-5765(05)80041-4
- Colon, L., Nielsen, B., Darsow, U., 2004a. Eucablight protocol-Whole tuber test for tuber blight resistance.
- Colon, L., Nielsen, B., Darsow, U., 2004b. Eucablight protocol-Tuber slice test for tuber blight resistance.
- Cooke, L.R., Little, G., 2002. The effect of foliar application of phosphonate formulations on the susceptibility of potato tubers to late blight. *Pest Manag. Sci.* 58, 17–25. doi:10.1002/ps.408
- Daayf, F., Schmitt, A., Bélanger, R., 1997. Evidence of phytoalexins in Cucumber leaves infected with powdery mildew following treatment with leaf extracts of *Reynoutria sachalinensis*. *Plant Physiology* 113, 719–727.
- Daayf, F., Schmitt, A., Bélanger, R., 1995. The effect of plant extracts of *Reynoutria sachalinensis* on powdery mildew development and leaf physiology of long english cucumber. *Plant Dis.* 79, 577–580.
- Dann, E., Diers, B., Byrum, J., Hammerschmidt, R., 1998. Effect of treating soybean with 2,6-dichloroisonicotinic acid (INA) and benzothiadiazole (BTH) on seed yields and the level of disease caused by *Sclerotinia sclerotiorum* in field and greenhouse studies. *Eur J Plant Pathol* 104, 271–278.
- de Haan, S., 2012. Catálogo de nuevas variedades de papa: Sabores y colores para el gusto peruano. Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Dietrich, R., Ploss, K., Heil, M., 2005. Growth responses and fitness costs after induction of pathogen resistance depend on environmental conditions. *Plant Cell Environ.* 28, 211–222. doi:10.1111/j.1365-3040.2004.01265.x
- Dietrich, R., Ploss, K., Heil, M., 2004. Constitutive and induced resistance to pathogens in *Arabidopsis thaliana* depends on nitrogen supply. *Plant Cell Environ.* 27, 896–906. doi:10.1111/j.1365-3040.2004.01195.x

Dorrance, A.E., Inglis, D.A., 1998. Assessment of laboratory methods for evaluating potato tubers for resistance to late blight. *Plant Dis.* 82, 442–446.

Dowley, L.J., Grant, J., Griffin, D., 2008. Yield losses caused by late blight in potato crops in Ireland. *J. Agric. Food Res.* 47, 69–78.

Drenth, A., Janssen, E.M., Govers, F., 1995. Formation and survival of oospores of *Phytophthora infestans* under natural conditions. *Plant Pathology.* 44, 86–94.

Dugé de Bernonville, T., Marolleau, B., Staub, J., Gaucher, M., Brisset, M.-N., 2014. Using Molecular Tools To Decipher the Complex World of Plant Resistance Inducers: An Apple Case Study. *J. Agric. Food Chem.* 62, 11403–11411. doi:10.1021/jf504221x

Dwelle, R.B., 2003. Potato Growth and Development., in: *Potato Production Systems.* pp. 9–19.

Erwin, D., C., Ribeiro, O., K., 1996. *Phytophthora Diseases Worldwide* [WWW Document]. URL <http://www.apsnet.org/apsstore/shopapspress/Pages/42120.aspx> (accessed 4.14.16).

Eshraghi, L., Anderson, J., Aryamanesh, N., Shearer, B., McComb, J., Hardy, G.E.S., O'Brien, P.A., 2011. Phosphite primed defence responses and enhanced expression of defence genes in *Arabidopsis thaliana* infected with *Phytophthora cinnamomi*: Phosphite-induced resistance in *Arabidopsis*. *Plant Pathol.* 60, 1086–1095. doi:10.1111/j.1365-3059.2011.02471.x

Fawe, A., Abou-Zaid, M., Menzies, J.G., Bélanger, R.R., 1998. Silicon-Mediated Accumulation of Flavonoid Phytoalexins in Cucumber. *Phytopathology* 88, 396–401. doi:10.1094/PHYTO.1998.88.5.396

Fawe, A., Menzies, J.G., Chérif, M., Bélanger, R.R., 2001. Chapter 9 Silicon and disease resistance in dicotyledons, in: *Studies in Plant Science.* Elsevier, pp. 159–169.

Fernandez-Northcote, E.N., Navia, O., Gandarillas, A., 2000. Basis of strategies for chemical control of potato late blight developed by PROINPA in Bolivia. *Fitopatología.* 3, 137–149.

Ferreira, H.A., Nascimento, C.W.A. do, Datnoff, L.E., Nunes, G.H. de S., Preston, W., Souza, E.B. de, Mariano, R. de L.R., 2015. Effects of silicon on resistance to bacterial fruit blotch and growth of melon. *Crop Prot.* 78, 277–283. doi:10.1016/j.cropro.2015.09.025

Flier, W.G., Turkensteen, L.J., van den Bosch, G.B.M., Vereijken, P.F.G., Mulder, A., 2001. Differential interaction of *Phytophthora infestans* on tubers of potato cultivars with different levels of blight resistance. *Plant Pathol.* 50, 292–301. doi:10.1046/j.1365-3059.2001.00574.x

Flor, H.H., 1971. Current Status of the Gene-For-Gene Concept. *Annu. Rev. Phytopathol.* 9, 275–296. doi:10.1146/annurev.py.09.090171.001423

Forbes, G., Perez, W., Andrade Piedra, J., 2014a. Evaluacion de la resistencia en genotipos de papa a *Phytophthora infestans* bajo condiciones de campo: Guia para colaboradores internacionales. International Potato Center (CIP).

Forbes, G., Perez, W., Andrade Piedra, J., 2014b. Evaluacion de la resistencia en genotipos de papa a *Phytophthora infestans* bajo condiciones de campo: Guia para colaboradores internacionales. International Potato Center (CIP).

Forbes, G.A., 2012. Using Host Resistance to Manage Potato Late Blight with Particular Reference to Developing Countries. *Potato Res.* 55, 205–216. doi:10.1007/s11540-012-9222-9

Fry, S.C., 1986. Polymer-bound phenols as natural substrates of peroxidases. *Mol. Physiological Asp. Plant Peroxidase* 169–182.

Goodwin, S.B., Sujkowski, L.S., Dyer, A.T., Fry, B.A., Fry, W.E., 1995. Direct Detection of Gene Flow and Probable Sexual Reproduction of *Phytophthora infestans* in Northern North América.

Gottstein, H.D., Kué, J.A., 1998. Induction of Systemic Resistance to Anthracnose in Cucumber by Phosphates. *Physiology and Biochemistry.* 79, 176–179.

Graham, J.H., Leite, R.P., 2004. Lack of Control of Citrus Canker by Induced Systemic Resistance Compounds. *Plant Dis.* 88, 745–750. doi:10.1094/PDIS.2004.88.7.745

- Graham, J.H., Myers, M.E., 2011. Soil Application of SAR Inducers Imidacloprid, Thiamethoxam, and Acibenzolar- *S*-Methyl for Citrus Canker Control in Young Grapefruit Trees. *Plant Dis.* 95, 725–728. doi:10.1094/PDIS-09-10-0653
- Griebel, T., Zeier, J., 2008. Light Regulation and Daytime Dependency of Inducible Plant Defenses in *Arabidopsis*: Phytochrome Signaling Controls Systemic Acquired Resistance Rather Than Local Defense. *Plant Physiology* 147.
- Haverkort, A.J., Struik, P.C., Visser, R.G.F., Jacobsen, E., 2009. Applied Biotechnology to Combat Late Blight in Potato Caused by *Phytophthora infestans*. *Potato Res.* 52, 249–264. doi:10.1007/s11540-009-9136-3
- Hawkes, J.G., 1994. Origins of cultivated potatoes and species relationships. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Heil, M., Hilpert, A., Kaiser, W., Linsenmair, K.E., 2000. Reduced growth and seed set following chemical induction of pathogen defence: does systemic acquired resistance (SAR) incur allocation costs? *J. Ecol.* 88, 645–654. doi:10.1046/j.1365-2745.2000.00479.x
- Herman, M.A.B., Restrepo, S., Smart, C.D., 2007. Defense gene expression patterns of three SAR-induced tomato cultivars in the field. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 71, 192–200. doi:10.1016/j.pmpp.2008.02.002
- Hijwegen, T., Verhaar, M.A., 1995. Effects of cucumber genotype on the induction of resistance to powdery mildew, *Sphaerotheca fuliginea*, by 2, 6-dichloroisonicotinic acid. *Plant Pathol.* 44, 756–762. doi:10.1111/j.1365-3059.1995.tb01700.x
- Hodgson, W.A., Sharma, K.P., 1967. Restoration of virulence of stored cultures of *phytophthora infestans*. *Can. J. Plant Sci.* 47, 447–449. doi:10.4141/cjps67-079
- Huth, W., Balke, K., 2002. Bion® - Without effect on the development of BYDV infected plants of winter barley. *Plant Diseases and protection.* 109, 286–290.
- INEI, 2012. CENAGRO. IV Censo Nacional Agropecuario.
- Johnson, D.A., Inglis, D.A., Miller, J.S., 2004. Control of Potato Tuber Rots Caused by Oomycetes with Foliar Applications of Phosphorous Acid. *Plant Dis.* 88, 1153–1159. doi:10.1094/PDIS.2004.88.10.1153

- Jones, J.D.G., Dangl, J.L., 2006. The plant immune system. *Nature* 444, 323–329. doi:10.1038/nature05286
- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., Tette, J., 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides.
- Kromann, P., Perez, W., Taïpe, A., Schulte-Geldermann, E., Sharma, B., Andrade-Piedra, J., Forbes, G., 2012. Use of Phosphonate to Manage Foliar Potato Late Blight in Developing Countries. *Plant Dis.* 96. doi:http://dx.doi.org/10.1094 / PDIS-12-11-1029-RE
- Kromann, P., Taïpe, A., Andrade-Piedra, J.L., Munk, L., Forbes, G.A., 2008. Preemergence Infection of Potato Sprouts by *Phytophthora infestans* in the Highland Tropics of Ecuador. *Plant Dis.* 92, 569–574. doi:10.1094/PDIS-92-4-0569
- Lal, M., Luthra, B.P., Yadav, S., 2013. Screening of genotypes against potato late blight. *Potato J.* 40, 80–83.
- Liljeroth, E., Bengtsson, T., Wiik, L., Andreasson, E., 2010. Induced resistance in potato to *Phytophthora infestans*—effects of BABA in greenhouse and field tests with different potato varieties. *Eur. J. Plant Pathol.* 127, 171–183. doi:10.1007/s10658-010-9582-4
- Liljeroth, E., Lankinen, Å., Wiik, L., Burra, D.D., Alexandersson, E., Andreasson, E., 2016. Potassium phosphite combined with reduced doses of fungicides provides efficient protection against potato late blight in large-scale field trials. *Crop Prot.* 86, 42–55. doi:10.1016/j.cropro.2016.04.003
- Lobato, M.C., Olivieri, F.P., Altamiranda, E.A.G., Wolski, E.A., Daleo, G.R., Caldiz, D.O., Andreu, A.B., 2008. Phosphite compounds reduce disease severity in potato seed tubers and foliage. *Eur. J. Plant Pathol.* 122, 349–358. doi:10.1007/s10658-008-9299-9
- Loskutov, I.G., 1999. Vavilov and his institute: a history of the world collection of plant genetic resources in Russia. IPGRI, Rome, Italy.
- Louws, F.J., Wilson, M., Campbell, H.L., Cuppels, D.A., Jones, J.B., 2001. Field Control of Bacterial Spot and Bacterial Speck of Tomato Using a Plant Activator. *Plant Dis.* 85, 481–488.

Lulai, E.C., 2004. Proceeding from the symposium recent advances in the physiology of tuberization and dormancy. *American Journal of Potato Research* 81, 251–252.

Madhusudhan, K.N., Deepak, S.A., Agrawal, G.K., Jwa, N. S., 2008. Acibenzolar-S-Methyl (ASM) Induced resistance against Tobamoviruses involves induction of RNA-dependent RNA polymerase (RdRp) and alternative oxidase (AOX) genes. *J. Crop Sci. Biotech.* 11, 127–134.

Majeed, A., Ahmad, H., Chaudhry, Z., Jan, G., Alam, J., Muhammad, Z., 2011. Assesment of leaf extracts of three medicinal plants against late blight of potato in Kaghan valley. *J. Agric. Technol.* 7, 1155–1161.

Malcolmson, J.F., Black, W., 1966. New R genes in *Solanum demissum* lindl. And their complementary races of *Phytophthora infestans* (Mont.) de bary. *Euphytica* 15, 199–203. doi:10.1007/BF00022324

Manandhar, H.K., Jørgensen, H.J.L., Mathur, S.B., Smedegaard-Petersen, V., 1998. Resistance to rice blast induced by ferric chloride, di-potassium hydrogen phosphate and salicylic acid. *Crop Prot.* 17, 323–329. doi:10.1016/S0261-2194(98)00020-9

Mantecon, J.D., 2007. Potato yield increases due to fungicide treatment in Argentinian early blight and late blight fields trials during the 1996-2005. *Fung. Nemat. Test.* 221.

Martinelli, F., Grillone, G., Sgroi, F., 2014. Proposal of a Genome Editing System for Genetic Resistance to Tomato Spotted Wilt Virus. *American Journal of Applied Sciences.*

Mayton, H., Myers, K., Fry, W.E., 2008. Potato late blight in tubers—The role of foliar phosphonate applications in suppressing pre-harvest tuber infections. *Crop Prot.* 27, 943–950. doi:10.1016/j.cropro.2007.11.014

McGrath, M.T., 2004. What are Fungicides? *Plant Health Instr.* doi:10.1094/PHI-I-2004-0825-01

Mitchell, A.F., Walters, D.R., 2004. Potassium phosphate induces systemic protection in barley to powdery mildew infection. *Pest Manag. Sci.* 60, 126–134. doi:10.1002/ps.795

- Mucharromah, E., Kuc, J., 1991. Oxalate and phosphates induce systemic resistance against diseases caused by fungi, bacteria and viruses in cucumber. *Crop Prot.* 10, 265–270. doi:10.1016/0261-2194(91)90004-B
- Obradovic, A., Jones, J.B., Momol, M.T., Olson, S.M., Jackson, L.E., Balogh, B., Guven, K., Iriarte, F.B., 2005. Integration of Biological Control Agents and Systemic Acquired Resistance Inducers Against Bacterial Spot on Tomato. *Plant Dis.* 89, 712–716. doi:10.1094/PD-89-0712
- Olivieri, F.P., Feldman, M.L., Machinandiarena, M.F., Lobato, M.C., Caldiz, D.O., Daleo, G.R., Andreu, A.B., 2012. Phosphite applications induce molecular modifications in potato tuber periderm and cortex that enhance resistance to pathogens. *Crop Prot.* 32, 1–6. doi:10.1016/j.cropro.2011.08.025
- Oostendorp, M., Kunz, W., Dietrich, B., Staub, T., 2011. Induced Disease Resistance in Plants by Chemicals. *Eur J Plant Pathol.* 107, 19–28.
- Orbegozo, J., Román, M.L., Rivera, C., Tovar, J.C., Pérez, W., Gamboa, S., 2013. Agrotransformación y evaluación de la resistencia a *Phytophthora infestans* en *Solanum tuberosum* L. variedad Désirée. *Rev. peru biol.* 20.
- Orober, M., Siegrist, J., Buchenauer, H., 2002. Mechanisms of Phosphate induced diseases resistance in Cucumber. *Eur J Plant Pathol.* 108, 345–353.
- Peña, C.B., Restrepo, L.P., 2013. Compuestos fenólicos y carotenoides en la papa. Actualización en NUTRICIÓN 14.
- Pérez, W., Forbes, G., 2008a. Manual técnico del Tizón tardío de la papa.
- Perez, W., Forbes, G., 2008. Manual Técnico: El Tizón Tardío de la Papa.
- Pérez, W., Forbes, W., 2008b. Manual técnico del tizón tardío de la papa. International Potato Center (CIP) Lima, Perú.
- Pérez, W., Gamboa, J.S., Falcon, Y., Coca, M., Raymundo, R., Nelson, J., 2001. Genetic Structure of Peruvian Populations of *Phytophthora infestans*.

- Pérez, W., Ñahui, M., Ellis, D., Forbes, G.A., 2014a. Wide Phenotypic Diversity for Resistance to *Phytophthora infestans* Found in Potato Landraces from Peru. *Plant Dis.* 98, 1530–1533. doi:10.1094/PDIS-03-14-0306-RE
- Pérez, W., Orrego, R., Forbes, G.A., Andrade-Piedra, J., 2014b. Herramienta de apoyo a la toma de decisiones para el manejo del tizón tardío diseñada para el uso de agricultores de subsistencia. Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Rahman, M.M., Dey, T.K., Alim, A., Khalequzzaman, K.M., Hussain, M.A., 2008. Control of late blight disease of potato by using new fungicides. *J. Sustain. Crop Prod.* 3, 10–15.
- Reuveni, R., Dor, G., Raviv, M., Reuveni, M., Tuzun, S., 2000. Systemic resistance against *Sphaerotheca fuliginea* in cucumber plants exposed to phosphate in hydroponics system, and its control by foliar spray of mono-potassium phosphate. *Crop Prot*
- Rey, P., Benhamou, N., Tirilly, Y., 1996. Ultrastructural and cytochemical studies of cucumber roots infected by two *Pythium* species with different modes of pathogenicity. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 49, 213–231. doi:10.1006/pmpp.1996.0050
- Ride, J.P., Barber, M.S., 1987. The effects of various treatments on induced lignification and resistance of wheat to fungi. *Plant Pathol. J.* 31, 349–360.
- Rodrigues, F.Á., Benhamou, N., Datnoff, L.E., Jones, J.B., Bélanger, R.R., 2003. Ultrastructural and Cytochemical Aspects of Silicon-Mediated Rice Blast Resistance. *Phytopathology* 93, 535–546. doi:10.1094/PHYTO.2003.93.5.535
- Rodrigues, F.Á., McNally, D.J., Datnoff, L.E., Jones, J.B., Labbé, C., Benhamou, N., Menzies, J.G., Bélanger, R.R., 2004. Silicon Enhances the Accumulation of Diterpenoid Phytoalexins in Rice: A Potential Mechanism for Blast Resistance. *Phytopathology* 94, 177–183. doi:10.1094/PHYTO.2004.94.2.177
- Romero, A.M., Ritchie, D.F., 2004. Systemic Acquired Resistance Delays Race Shifts to Major Resistance Genes in Bell Pepper. *Phytopathology* 94, 1376–1382. doi:10.1094/PHYTO.2004.94.12.1376
- Rubio-Covarrubias, O.A., Douches, D.S., Hammerschmidt, R., daRocha, A., Kirk, W.W., 2005. Effect of temperature and photoperiod on symptoms associated with resistance

- to *Phytophthora infestans* after leaf penetration in susceptible and resistant potato cultivars. *Am. J. Potato Res.* 82, 139–146. doi:10.1007/BF02853651
- Samoucha, Y., Cohen, Y., 1986. Efficacy of Systemic and Contact fungicide mixtures in controlling late blight in potatoes.
- Samuels, A.L., Glass, A.D.M., Ehret, D.L., Menzies, J.G., 1991. Mobility and deposition of silicon in cucumber plants. *Plant Cell Environ.* 14, 485–492. doi:10.1111/j.1365-3040.1991.tb01518.x
- Scalschi, L., Camañes, G., Llorens, E., Fernández-Crespo, E., López, M.M., García-Agustín, P., Vicedo, B., 2014. Resistance Inducers Modulate *Pseudomonas syringae* pv. *Tomato Strain DC3000* Response in Tomato Plants. *PLoS ONE* 9, e106429. doi:10.1371/journal.pone.0106429
- Sharma, B.P., Forbes, G.A., Manandhar, H.K., Shrestha, S.M., Thapa, R.B., 2013. Determination of Resistance to *Phytophthora infestans* on Potato Plants in Field, Laboratory and Greenhouse Conditions. *J. Agric. Sci.* 5. doi:10.5539/jas.v5n5p148
- Si-Ammour, A., Mauch-Mani, B., Mauch, F., 2003. Quantification of induced resistance against *Phytophthora* species expressing GFP as a vital marker: beta-aminobutyric acid but not BTH protects potato and *Arabidopsis* from infection. *Mol. Plant Pathol.* 4, 237–248.
- Smillie, R., Grant, B.R., Guest, D., 1989. The mode of action of Phosphite: Evidence for both direct and indirect modes of action on three *Phytophthora* spp. in Plants. *Phytopathological Society* 79.
- Sobkowiak, S., Zimoch-Guzowska, E., Zarzycka, H., 2013. Effect of various culture treatments on virulence and aggressiveness expression of *Phytophthora infestans*. *Acta Agrobot.* 57, 131–143. doi:10.5586/aa.2004.013
- Spooner, D.M., McLean, K., Ramsay, G., Waugh, R., Bryan, G.J., 2005. A single domestication for potato based on multilocus amplified fragment length polymorphism genotyping. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 102, 14694–14699. doi:10.1073/pnas.0507400102
- Stadnik, M.J., Buchenauer, H., 1999. Effects of benzothiadiazole, kinetin and urea on the severity of powdery mildew and yield of winter wheat. *J. Stor.* 106, 476–489.

Steel, R., Torrie, J., Dickey, D., 1997. Principles and procedures of statistics a biometrical approach., Third. ed.

Stewart, H.E., Bradshaw, J.E., Wastie, R.L., 1994. Correlation between resistance to late blight in foliage and tubers in potato clones from parents of contrasting resistance. *Potato Res.* 37, 429–434.

Sudhamoy, M., al, 2010. Induction of phenolics, lignin and key defense enzymes in eggplant (*Solanum melongena* L.) roots in response to elicitors. *Afr. J. Biotechnol.* 9, 8038–8047. doi:10.5897/AJB10.984

Ton, J., Pieterse, C.M.J., Van Loon, L.C., 1999. Identification of a Locus in *Arabidopsis* Controlling Both the Expression of Rhizobacteria-Mediated Induced Systemic Resistance (ISR) and Basal Resistance Against *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*. *Mol. Plant. Microbe Interact.* 12, 911–918. doi:10.1094/MPMI.1999.12.10.911

Tremacoldi, C.R., 2008. Proteoses e inibidores de proteoses na interação planta-microrganismo. Pascholati f leite b stangarlin j r cia P Interação Planta-Patógeno Fisiol. Bioquímica E Biol. Mol. Piracicaba FEALQ 2008 627 P Sér. Bibl. Ciênc. Agrár. Luiz Queiroz 13.

Umaerus, V., 1970. Studies on field resistance to *Phytophthora infestans*. 5. Mechanisms of resistance and applications to potato breeding. *Z. Pflanzenzuchtung* 63, 1–23.

Van Wees, S.C.M., Pieterse, C.M.J., Trijssenaar, A., Van 't Westende, Y.A.M., Hartog, F., Van Loon, L.C., 1997. Differential Induction of Systemic Resistance in *Arabidopsis* by Biocontrol Bacteria. *Mol. Plant. Microbe Interact.* 10, 716–724.

Victoria, J.I., 1974. Light Intensity Effects on Lesion Size Caused by *Phytophthora infestans* on Potato Leaves. *Phytopathology* 64, 753. doi:10.1094/Phyto-64-753

Walters, D.R., Murray, D.C., 1992. Induction of systemic resistance to rust in *Vicia faba* by phosphate and EDTA: effects of calcium. *Plant Pathol.* 41, 444–448. doi:10.1111/j.1365-3059.1992.tb02439.x

Wang-Pruski, G., Coffin, R., Peters, R., Al-Mughrabi, K., Platt, H., Pinto, D., Veenhuis-MacNeill, S., Hardy, W., Lim, S., Astatkie, T., 2010. Phosphorous acid for late blight

suppression in potato leaves. *The American Journal of Plant Science and Biotechnology* 2, 25–29.

Wastie, R.L., 1991. Breeding for resistance. *Adv Plant Pathol.* 7, 193–223.

Wilhelmus, M., Krieken, W., Cornelis, J.K., Lucas, H.C., 2010. Lignosulfonate compositions for control of plant pathogens.

Zhang, Z., Bi, Y., Ge, Y., Wang, J., Deng, J., Xie, D., Wang, Y., 2011. Multiple pre-harvest treatments with acibenzolar-S-methyl reduce latent infection and induce resistance in muskmelon fruit. *Scientia horticulturae* 130, 126–132.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de variancia de la severidad evaluado con el ensayo de hoja separada bajo condiciones de laboratorio.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	F valor	P valor
Días (D)	4	31.040387	7.760097	73.72	<0.0001
Tratamiento (T)	6	1440.239227	240.039871	2280.47	<0.0001
DXT	24	24.728507	1.030354	9.79	<0.0001
Error	70	7.368133	0.105259		
Total	104	1503.376253			

* Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

* El CV (%) fue de 6.165. Los datos fueron transformados con la raíz de $(X + 0.5)$.

Anexo 2. Comparación de medias de los tratamientos según el análisis múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) de la severidad evaluado en el ensayo de hoja separada bajo condiciones de laboratorio.

Tratamientos	Severidad		
IDR 1	9.6160	A	
IDR 3	9.5400	A	
Control	9.4567	A	
Propineb	2.2473		B
IDR 2	2.0667		B
IDR 4	2.0033		B
Mancozeb	1.9087		B

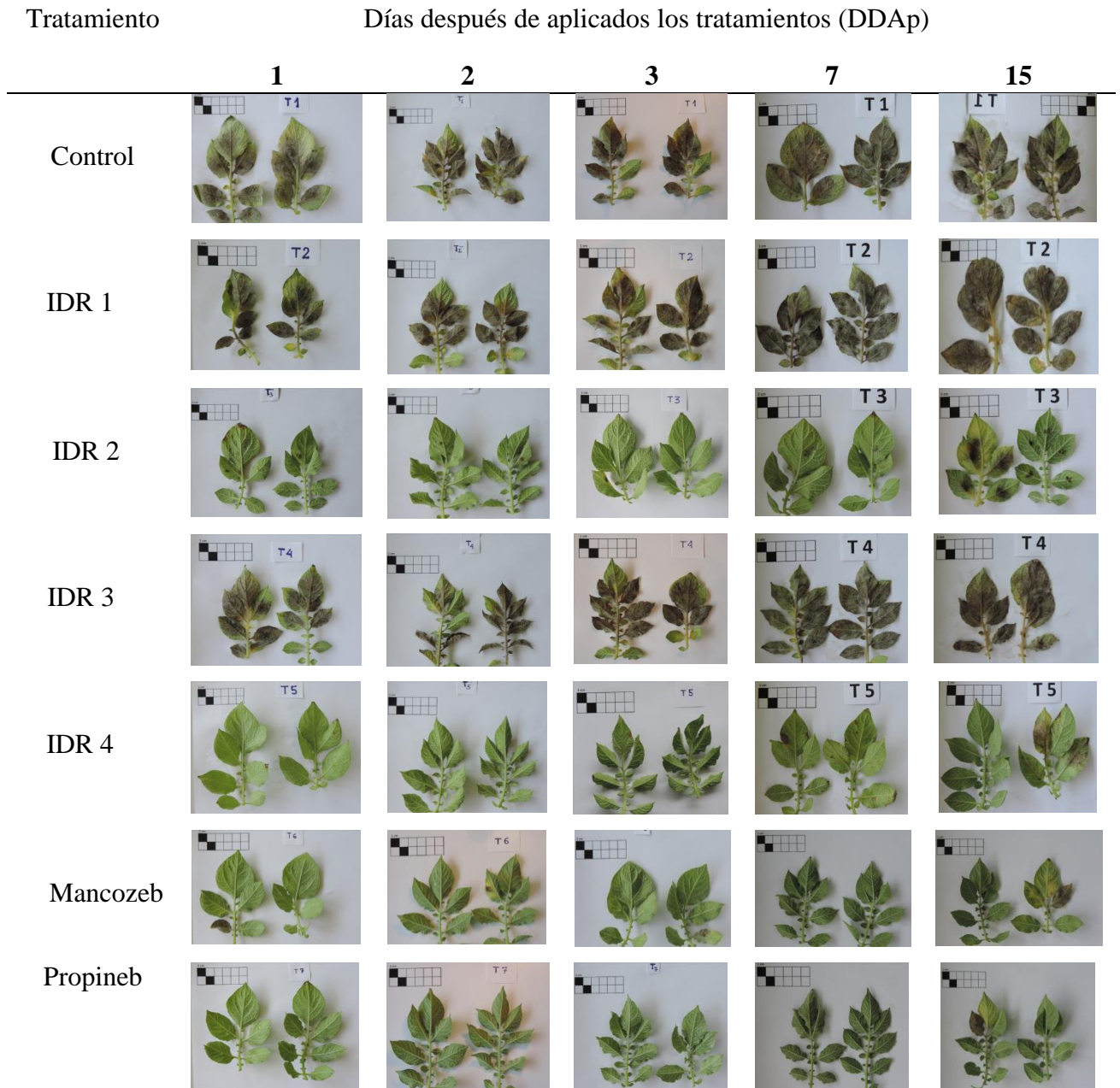
* Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Los datos fueron transformados con raíz $(X+0.5)$

Anexo 3. Comparación de medias de la severidad evaluada según los DDAp según el análisis de Tukey ($\alpha=0.01$) realizado con el ensayo de hoja separada bajo condiciones de laboratorio.

DDAp	Severidad			
15	6.2067	A		
7	5.5167		B	
1	5.0171			C
3	4.8519			C
2	4.7210			C

* Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 4 Severidad de la racha en hojas tratadas con inductores de resistencia y fungicidas de contacto al doble de la dosis comercial recomendada. Inoculación mediante hojas separadas (Liljeroth et. Al, 2010).



Anexo 5. Análisis estadístico de la severidad evaluada según el ensayo de planta completa bajo condiciones de invernadero, réplica 1.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	F valor	P valor
Tratamientos	6	199.450833	33.2418055	321.16	<0.0001
Error	14	1.44908847	0.1035060		
Total	20	200.899918			

* Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

* Los datos fueron transformados con la raíz ($X + 0.5$).

Anexo 6. Comparación de medias de los tratamientos según el análisis múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) de la severidad evaluada según el ensayo de planta completa bajo condiciones de invernadero, réplica 1.

Tratamiento	Severidad (%)	
IDR 3	7.9353	A
IDR 1	7.2460	A
Control	7.0287	A
IDR 4	3.8453	B
IDR 2	0.9023	C
Mancozeb	0.7070	C
Propineb	0.7070	C

* Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

* Los datos fueron transformados con la raíz ($X + 0.5$).

Anexo 7. Análisis estadístico de la severidad evaluada según el ensayo de planta completa bajo condiciones de invernadero, réplica 2.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	F valor	P valor
Tratamientos	6	242.414297	40.4023828	441.58	<0.0001
Error	14	1.2809253	0.0914947		
Total	20	243.695220			

* Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

* Los datos fueron transformados con la raíz ($X + 0.5$).

Anexo 8. Comparación de medias de los tratamientos según el análisis múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) de la severidad evaluada según el ensayo de planta completa bajo condiciones de invernadero, réplica 2.

Tratamiento	Severidad (%)			
IDR 3	8.9943	A		
IDR 1	8.5683	A	B	
IDR 4	7.6533		B	C
Control	6.7750			C
IDR 2	1.7170			D
Mancozeb	1.3063			D
Propineb	0.8047			D

* Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

* Los datos fueron transformados con la raíz ($X + 0.5$).

Anexo 9. Análisis combinado de la severidad evaluada según el ensayo de planta completa bajo condiciones de invernadero.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	F valor	P valor
Réplica	1	11.8848801	11.8848801	121.90	<0.0001
Tratamientos	6	426.048493	71.0080821	728.29	<0.0001
Error	14	2.7300100	0.0975004		
Total	20	456.480019			

* Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

* Los datos fueron transformados con la raíz ($X + 0.5$).

Anexo 10. Comparación combinada de medias de las réplicas según el análisis múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) de la severidad evaluada según el ensayo de planta completa bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Severidad (%)		
Réplica 2	5.117	A	
Réplica 1	4.053		B

* Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

* Los datos fueron transformados con la raíz ($X + 0.5$).

Anexo 11. Comparación combinada de medias de los tratamientos según el análisis múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) de la severidad evaluada según el ensayo de planta completa bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	Severidad (%)			
IDR 3	8.4648	A		
IDR 1	7.9072	A		
Control	6.9018		B	
IDR 4	5.7493			C
IDR 2	1.3097			D
Mancozeb	1.0067			D
Propineb	0.7558			D

* Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

* Los datos fueron transformados con la raíz ($X + 0.5$).

Anexo 12. Análisis de correlación de Pearson entre los ensayos realizados en laboratorio (hoja separada) e invernadero (planta completa).

Coefficiente de correlación	Ensayo de la hoja separada
Ensayo de la planta completa- réplica 1	0.937
Ensayo de la planta completa- réplica 2	0.752

* Analizado en Microsoft Excel 2013 (Microsoft Office company, USA).

Anexo 13. Análisis de variancia de la severidad evaluada en la zona de Pogzogan (zona 1).

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Bloque	2	0.00213940	0.00106970	1.84	0.1681
Variedad (V)	3	0.88587603	0.29529201	506.70	<0.0001
Tratamiento (T)	7	0.68622174	0.09803168	168.22	<0.0001
VXT	21	0.25524739	0.01215464	20.36	<0.0001
Error	62	0.03613194	0.00058277		
Total	95	1.86561649			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

*Coeficiente de variación (CV) 10.14%

Anexo 14. Comparación de medias de la severidad de las variedades según la prueba múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Pogzogan (zona 1).

Variedades	Media			
Canchán	0.358042	A		
Yungay	0.278583		B	
UNICA	0.221083			C
Serranita	0.094583			D

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 15. Comparación de medias de la severidad de los tratamientos según la prueba múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Pogzogan (zona 1).

Tratamientos	Media				
Control	0.433167	A			
IDR 4	0.272167		B		
IDR 2/IDR 4	0.249583		B	C	
IDR 2/Propineb	0.213750			C	D
IDR 4/Propineb	0.213583			C	D
IDR 2	0.212667				D
Propineb	0.187500				D
DSS	0.122167				E

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 16. Análisis de variancia de efectos simples variedad por tratamiento (VXT) en variedades del ensayo correspondiente a la evaluación de la severidad en la zona de Pogzogan (zona 1).

Variedades	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Canchán	7	0.410753	0.058679	100.69	<0.0001
Serranita	7	0.009975	0.001425	2.45	0.0280
UNICA	7	0.126763	0.018109	31.07	<0.0001
Yungay	7	0.393979	0.056283	96.58	<0.0001

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 17. Análisis de variancia de efectos simples variedad por tratamiento (VXT) en tratamientos del ensayo correspondiente a la evaluación de la severidad en la zona de Pogzogan (zona 1).

Tratamientos	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
IDR 2	3	0.127628	0.042543	73.00	<0.0001
IDR 2/Propineb	3	0.083129	0.027710	47.55	<0.0001
IDR 4	3	0.222884	0.074295	127.48	<0.0001
IDR 4/Propineb	3	0.108397	0.036132	62.00	<0.0001
IDR 2/IDR 4	3	0.132495	0.044165	75.78	<0.0001
Propineb	3	0.055275	0.018425	31.62	<0.0001
DSS	3	0.011430	0.003810	6.54	0.0007
Control	3	0.399886	0.133295	228.73	<0.0001

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 18. Análisis de variancia de la severidad evaluada en la zona de Santa cruz (zona 2).

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Bloque	2	0.00143502	0.00071751	1.80	0.1737
Variedad (V)	3	0.40399686	0.13466562	337.97	<0.0001
Tratamiento (T)	7	0.65466157	0.09352308	234.71	<0.0001
VXT	21	0.28762522	0.01369644	34.37	<0.0001
Error	62	0.02470431	0.00039846		
Total	95	1.37242299			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

*Coeficiente de variación (CV) 10.62%

Anexo 19. Comparación de medias de la severidad en las variedades según la prueba múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2).

Variedades	Media			
Canchán	0.226417	A		
Yungay	0.226333	A		
UNICA	0.223625	A		
Serranita	0.075667			B

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 20. Comparación de medias de la severidad en los tratamientos según la prueba múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2).

Tratamientos	Media				
Control	0.368250	A			
IDR 2	0.251417		B		
IDR 2/IDR 4	0.199750			C	
IDR 4/Propineb	0.195500			C	
Propineb	0.133750				D
IDR 2/Propineb	0.123583				D E
IDR 2	0.123583				D E
DSS	0.102417				E

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 21. Análisis de variancia de efectos simples variedad por tratamiento (VXT) en variedades del ensayo correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2).

Variedades	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Canchán	7	0.453732	0.064819	162.67	<0.0001
Serranita	7	0.004141	0.000592	1.48	0.1893
UNICA	7	0.205225	0.029318	73.58	<0.0001
Yungay	7	0.279188	0.039884	100.10	<0.0001

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 22. Análisis de variancia de efectos simples variedad por tratamiento (VT) en tratamientos del ensayo correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2).

Tratamientos	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
IDR 2	3	0.011423	0.003808	9.56	<0.0001
IDR 2/Propineb	3	0.013071	0.004357	10.93	<0.0001
IDR 4	3	0.135489	0.045163	113.34	<0.0001
IDR 4/Propineb	3	0.040794	0.013598	34.13	<0.0001
IDR 2/IDR 4	3	0.101863	0.033954	85.21	<0.0001
Propineb	3	0.023868	0.007956	19.91	<0.0001
DSS	3	0.008090	0.002697	6.77	0.0005
Control	3	0.357025	0.119008	298.67	<0.0001

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 23. Análisis de variancia de la severidad evaluada en la zona de Aco (zona 3).

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Bloque	2	0.00038952	0.00019476	0.45	0.6418
Variedad (V)	3	0.64466013	0.21488671	492.90	<0.0001
Tratamiento (T)	7	1.05707229	0.15101033	346.38	<0.0001
VXT	21	0.28098721	0.01338034	30.69	<0.0001
Error	62	0.02702981	0.00043596		
Total	95	2.01013896			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

* El coeficiente de variación (CV) 8.92%

Anexo 24. Comparación de medias de las variedades según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Aco (zona 3).

Variedades	Media			
Canchán	0.292917	A		
Yungay	0.282750	A	B	
UNICA	0.263250		B	
Serranita	0.092000			C

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 25. Comparación de medias de los tratamientos según la prueba múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Aco (zona 3).

Tratamientos	Media				
Control	0.438750	A			
IDR 4	0.337417		B		
IDR 2/IDR 4	0.286250			C	
IDR 4/Propineb	0.198333				D
IDR 2/Propineb	0.182000				D E
Propineb	0.161667				E
IDR 2	0.154917				E
DSS	0.102500				F

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 26. Análisis de variancia de efectos simples variedad por tratamiento (VXT) en variedades del ensayo correspondiente a la zona de Aco (zona 3).

Variedades	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Canchán	7	0.545145	0.077878	178.63	<0.0001
Serranita	7	0.014948	0.002135	4.90	0.0002
UNICA	7	0.390352	0.055765	127.91	<0.0001
Yungay	7	0.387615	0.055374	127.01	<0.0001

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 27. Análisis de variancia de efectos simples variedad por tratamiento (VXT) en tratamientos del ensayo correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2).

Tratamientos	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
IDR 2	3	0.023952	0.007984	18.31	<0.0001
IDR 2/Propineb	3	0.036861	0.012287	28.18	<0.0001
IDR 4	3	0.237458	0.079153	181.56	<0.0001
IDR 4/Propineb	3	0.086995	0.028998	66.52	<0.0001
IDR 2/IDR 4	3	0.148671	0.049557	113.67	<0.0001
Propineb	3	0.029219	0.009740	22.34	<0.0001
DSS	3	0.005838	0.001946	4.46	0.0067
Control	3	0.356655	0.118885	272.69	<0.0001

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 28. Análisis de variancia de combinado de la severidad evaluada en las tres zonas.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Zonas (Zon)	2	0.14510644	0.07255322	153.58	<0.0001
Bloque(Zon)	6	0.00396394	0.00066066	1.40	0.2173
Variedad (Var)	3	1.79240074	0.59746691	1264.75	<0.0001
Tratamiento (Trat)	7	2.29735065	0.32819295	694.74	<0.0001
ZonxVar	6	0.14213228	0.02368871	50.15	<0.0001
VarxTrat	21	0.65224482	0.03105928	65.75	<0.0001
ZonxTrat	14	0.10060495	0.00718607	15.21	<0.0001
ZonxVarxTrat	42	0.17161499	0.00408607	8.65	<0.0001
Error	186	0.08786606			
Total	287	1.97280732			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

*El Coeficiente de variación (CV) 9.897%

Anexo 29. Comparación de medias de la severidad evaluada en las zonas de siembra según la prueba múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).

Zonas	Media	
Pogzogan	0.238073	A
Aco	0.232729	A
Santa Cruz	0.188010	B

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 30. Comparación de medias de la severidad en las variedades según la prueba múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).

Variedades	Media				
Canchán	0.292458	A			
Yungay	0.262556		B		
UNICA	0.235986			C	
Serranita	0.087417				D

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 31. Comparación de medias de los tratamientos según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del análisis combinado.

Tratamientos	Media					
Control	0.413389	A				
IDR 4	0.287000		B			
IDR 2/IDR 4	0.245194			C		
IDR 4/Propineb	0.202472				D	
IDR 2/Propineb	0.175056					E
IDR 2	0.163722					E
Propineb	0.160972					E
DSS	0.109028					F

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 32. Análisis de efectos simples de variedad en cada tratamiento, según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$) del análisis combinado.

Tratamientos	Variedad	Media	
IDR 2	Canchan	0.211	A
	Yungay	0.204	A
	UNICA	0.161	B
	Serranita	0.084	C
IDR 2/Propineb	Canchan	0.222	A
	Yungay	0.2	B
	UNICA	0.198	B
	Serranita	0.084	C
IDR 4	Canchan	0.4	A
	Yungay	0.34	B
	UNICA	0.33	B
	Serranita	0.09	C
IDR 4/Propineb	Canchan	0.29	A
	Yungay	0.25	B
	UNICA	0.18	C
	Serranita	0.09	D
IDR 2/IDR 4	Canchan	0.313	A
	UNICA	0.299	AB
	Yungay	0.28	B
	Serranita	0.091	C
Propineb	Canchan	0.212	A
	Yungay	0.184	B
	UNICA	0.176	B
	Serranita	0.077	C
DSS	UNICA	0.139	A
	Yungay	0.119	B
	Canchan	0.114	B
	Serranita	0.073	C
Control	Canchan	0.58	A
	Yungay	0.53	B
	UNICA	0.41	C
	Serranita	0.13	D

Anexo 33. Análisis de correlación de Pearson entre el rAUDPC y el grado de susceptibilidad de las variedades de papa después de las aplicaciones con inductores de resistencia bajo condiciones de campo.

Grado de susceptibilidad de las variedades de papa.	IDR 2	IDR 4
Correlación de Pearson	0.534	0.758
Valor de p	0.001	<0.001

*Analizado con el programa Minitab17 (Minitab Inc, USA).

Anexo 34. Plantas de papa variedad Canchán, después de 103 días de sembradas en campo.



Anexo 35. Plantas de papa variedad Yungay, después de 103 días de sembradas en campo.



Anexo 36. Plantas de papa variedad UNICA, después de 103 días de sembradas en campo.



Anexo 37. Plantas de papa variedad Serranita, después de 103 días de sembradas en campo.



Anexo 38. Análisis de variancia del rendimiento evaluado en la zona de Pogzogan (zona 1).

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Bloque	2	95.273048	47.636524	2.28	0.1111
Variedad (V)	3	4310.095324	1436.698441	68.67	<0.0001
Tratamiento (T)	7	1267.160676	181.022954	8.67	<0.0001
VT	21	665.161902	31.674376	1.57	0.1057
Error	62	1297.093399	20.920861		
Total	95	7434.784349			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

* El CV% es 24.90

Anexo 39. Análisis de medias del rendimiento de variedades según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Pogzogan.

Variedades	Media			
Serranita	25.211	A		
UNICA	24.901	A		
Canchán	12.098			B
Yungay	11.242			B

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 40. Análisis de medias del rendimiento de los tratamientos según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Pogzogan.

Tratamientos	Media				
Propineb	22.775	A			
IDR 2/Propineb	22.273	A			
DSS	21.666	A	B		
IDR 2	19.638	A	B		
IDR 4/Propineb	17.067	A	B	C	
IDR 4	16.572	A	B	C	
IDR 2/IDR 4	15.081		B	C	
Control	11.832			C	

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 41 Análisis de efectos simples de tratamientos x variedades en variedades, con respecto al rendimiento según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Pogzogan.

Variedades	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Canchán	7	1081.245237	154.463605	7.38	<0.0001
Serranita	7	147.363374	21.051911	1.01	0.4357
UNICA	7	256.947622	36.706803	1.75	0.1128
Yungay	7	446.766346	63.823764	3.05	0.0080

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 42. Análisis de efectos simples de tratamientos x variedades en tratamientos, con respecto al rendimiento según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Pogzogan.

Variedades	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
IDR 2	3	380.592585	126.864195	6.06	0.0011
IDR 2/Propineb	3	447.955246	149.318415	7.14	0.0003
IDR 4 IDR	3	813.366668	271.122223	12.96	<0.0001
4/Propineb IDR	3	828.417401	276.139134	13.20	<0.0001
2/IDR 4 Propineb	3	779.661465	259.887155	12.42	<0.0001
DSS	3	347.282358	115.760786	5.53	0.0020
Control	3	485.196876	161.732292	7.73	0.0002
	3	892.784628	297.594876	14.22	<0.0001

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 43. Análisis de variancia del rendimiento evaluado en la zona de Santa cruz (zona 2).

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Bloque	2	135.486292	67.743146	5.92	0.0044
Variedad (V)	3	2906.152017	968.717339	84.67	<0.0001
Tratamiento (T)	7	2799.643928	399.949133	34.96	<0.0001
VT	21	1380.709878	65.748089	5.75	<0.0001
Error	62	7931.361911			
Total	95	7931.361911			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

* El CV% es 17.56

Anexo 44. Análisis de medias del rendimiento de variedades según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Santa cruz.

Variedades	Media			
UNICA	28.272	A		
Serranita	24.341		B	
Canchán	16.563			C
Yungay	14.888			C

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 45. Análisis de medias del rendimiento de los tratamientos según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Santa cruz.

Tratamientos	Media			
Propineb	26.447	A		
IDR 2/Propineb	26.354	A		
DSS	26.048	A		
IDR 2	23.214	A		
IDR 4/Propineb	22.366	A		
IDR 2/IDR 4	16.860		B	
IDR 4	15.729		B	C
Control	11.111			C

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 46. Análisis de efectos simples de tratamientos x variedades en variedades, con respecto al rendimiento según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Santa cruz.

Variedades	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Canchán	7	1713.782978	244.826140	21.40	<0.0001
Serranita	7	92.194201	13.170600	1.15	0.3438
UNICA	7	1296.018365	185.145481	16.18	<0.0001
Yungay	7	1078.358262	154.0511180	13.46	<0.0001

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 47 Análisis de efectos simples de tratamientos x variedades en tratamientos, con respecto al rendimiento según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Santa cruz.

Variedades	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
IDR 2	3	13.681066	4.560355	0.40	0.7545
IDR 2/Propineb	3	399.166461	133.055487	11.63	<0.0001
IDR 4 IDR	3	720.857936	240.285979	21.00	<0.0001
4/Propineb IDR	3	742.770994	247.590331	21.64	<0.0001
2/IDR 4 Propineb	3	306.747268	102.249089	8.94	<0.0001
DSS	3	722.912550	240.970850	21.06	<0.0001
Control	3	368.424054	122.808018	10.73	<0.0001
	3	1012.301566	337.433855	29.49	<0.0001

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 48. Análisis de variancia del rendimiento evaluado en la zona de Aco (zona 3).

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Bloque	2	58.139894	29.069947	5.34	0.0072
Variedad (V)	3	582.016687	194.005562	35.65	<0.0001
Tratamiento (T)	7	1704.479056	243.49708	44.75	<0.0001
VT	21	731.255110	34.821672	6.400	<0.0001
Error	62	337.390117			
Total	95	3413.280864			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

* El CV% es 18.72

Anexo 49. Análisis de medias del rendimiento de variedades según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Aco.

Variedades	Media			
UNICA	15.9440	A		
Serranita	13.6253		B	
Yungay	10.2199			C
Canchán	10.0649			C

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 50. Análisis de medias del rendimiento de los tratamientos según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Aco.

Tratamientos	Media					
DSS	18.5693	A				
IDR 2	16.3562		B			
IDR 2/Propineb	15.6704		B			
Propineb	15.0408		B	C		
IDR 4/Propineb	10.9809			C	D	
IDR 4	8.8603				D	E
IDR 2/IDR 4	7.4973				D	E
Control	6.7335					E

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 51. Análisis de efectos simples de tratamientos x variedades en variedades, con respecto al rendimiento según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Aco.

Variedades	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Canchán	7	653.146225	93.306604	17.15	<0.0001
Serranita	7	134.803993	19.257713	3.54	0.0029
UNICA	7	420.065903	60.009415	11.03	<0.0001
Yungay	7	1227.718047	175.388292	32.23	<0.0001

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 52. Análisis de efectos simples de tratamientos x variedades en tratamientos, con respecto al rendimiento según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) del ensayo correspondiente a la zona de Aco.

Variedades	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
IDR 2	3	62.197667	20.732556	3.81	0.0143
IDR 2/Propineb	3	127.579454	42.526485	7.81	0.0002
IDR 4 IDR	3	223.129052	74.376351	13.67	<0.0001
4/Propineb IDR	3	240.842319	80.280773	14.75	<0.0001
2/IDR 4 Propineb	3	124.445142	41.481714	7.62	0.0002
DSS	3	85.839536	28.613179	5.26	0.0027
Control	3	88.948600	29.649533	5.45	0.0022
	3	360.290026	120.096675	22.07	<0.0001

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)

Anexo 53. Análisis combinado de medias del rendimiento de los tratamientos según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Zonas (Zon)	2	3679.700515	1839.850257	146.00	<0.0001
Bloque/(Zon)	6	288.899233	48.149872	3.82	0.0013
Variedad (Var)	3	6711.446847	2237.148949	177.53	<0.0001
Tratamiento (Trat)	7	5371.393790	767.341970	60.89	<0.0001
ZonxVar	6	1086.817180	181.136197	14.37	<0.0001
VarxTrat	21	1571.605616	74.838363	5.94	<0.0001
ZonxTrat	14	399.889870	28.563562	2.27	0.0071
ZonxVarxTrat	42	1205.521275	28.702888	2.28	<0.0001
Error	186	2343.85331			
Total	287	22659.12764			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

* El CV% es 20.54

Anexo 54. Análisis combinado de medias del rendimiento de las zonas evaluadas según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).

Variedades	Media			
Santa cruz	21.0161	A		
Pogzogan	18.3631		B	
Aco	12.4635			C

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 55. Análisis combinado de medias del rendimiento de variedades según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).

Variedades	Media			
UNICA	23.0389	A		
Serranita	21.0593		B	
Canchán	12.7738			C
Yungay	12.1168			C

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 56. Análisis combinado de medias del rendimiento de los tratamientos según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).

Tratamientos	Media				
DSS	22.2271	A			
IDR 2/Propineb	21.5593	A			
Propineb	21.3900	A			
IDR 2	19.5075	A	B		
IDR 4/Propineb	16.8046		B		
IDR 4	13.7207			C	
IDR 2/IDR 4	13.1461			C	
Control	9.8921				D

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 57. Análisis de efectos simples de variedad en cada tratamiento, según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$) del análisis combinado.

Tratamientos	Variedad	Media	
IDR 2	UNICA	36	A
	Serranita	35	A
	Canchan	28	B
	Yungay	23	C
IDR 2/Propineb	UNICA	43	A
	Canchan	34	B
	Serranita	34	B
	Yungay	22	C
IDR 4	UNICA	32.3	A
	Serranita	31.4	B
	Canchan	11	B
	Yungay	9.9	C
IDR 4/Propineb	UNICA	39	A
	Serranita	33	B
	Yungay	16	C
	Canchan	16	C
IDR 2/IDR 4	Serranita	29	A
	UNICA	26	A
	Canchan	13	B
	Yungay	13	B
Propineb	UNICA	39	A
	Serranita	35	B
	Yungay	28	C
	Canchan	26	C
DSS	UNICA	37	A
	Serranita	33	A
	Yungay	32	B
	Canchan	29	B
Control	Serranita	0.58	A
	UNICA	0.53	A
	Yungay	0.41	B
	Canchan	0.13	B

Anexo 58. Coeficiente de correlación de Pearson ente el rAUDPC y rendimiento de 4 variedades de papa sembradas en tres zonas.

	Rendimiento	rAUDPC
Rendimiento	1	
AUDPC	-0.74972145	1

*Analizado en Microsoft Excel 2013 (Microsoft Office company, USA).

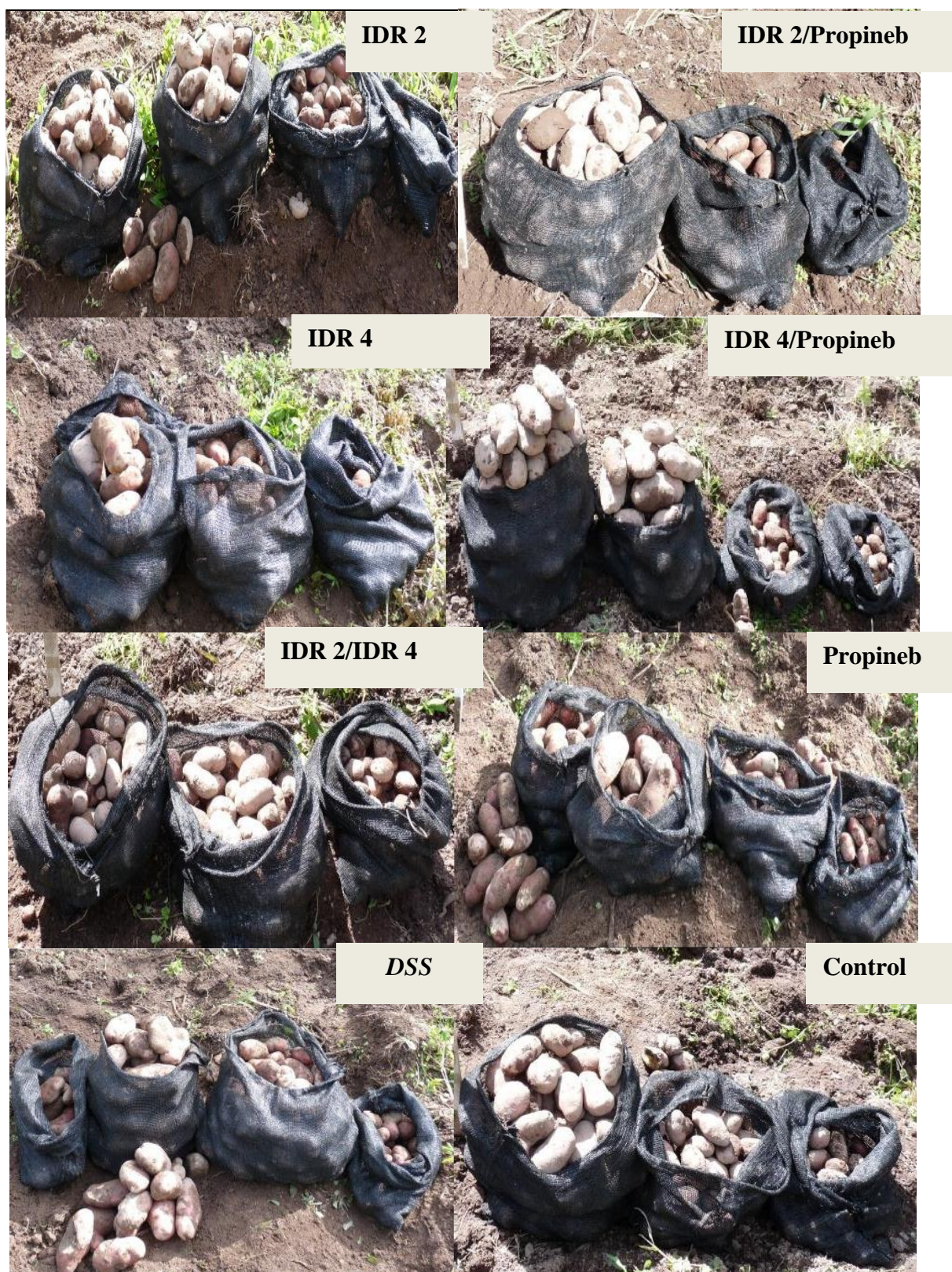
Anexo 59. Tubérculos cosechados de plantas variedad Canchán.



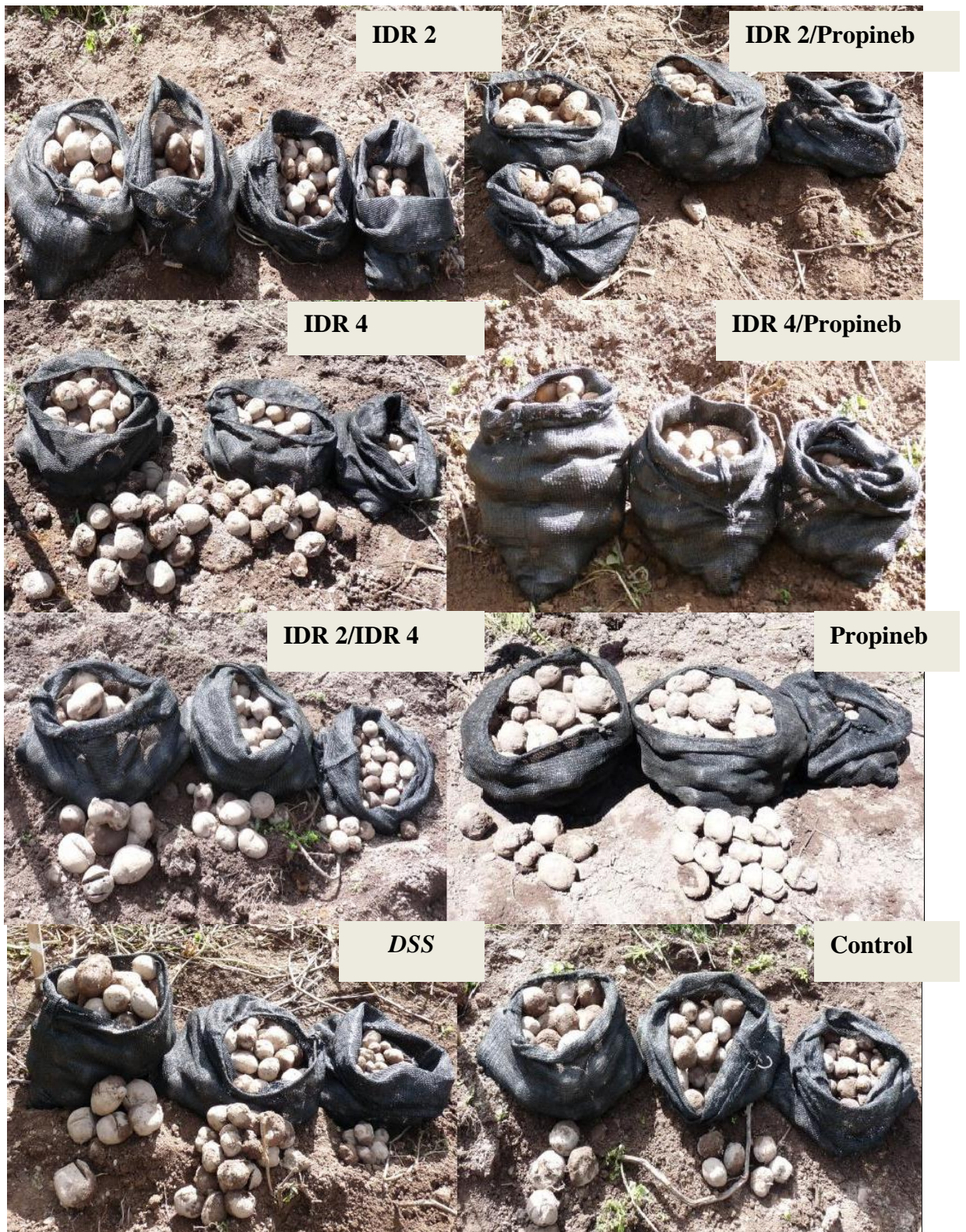
Anexo 60 Tubérculos cosechados de plantas variedad Yungay.



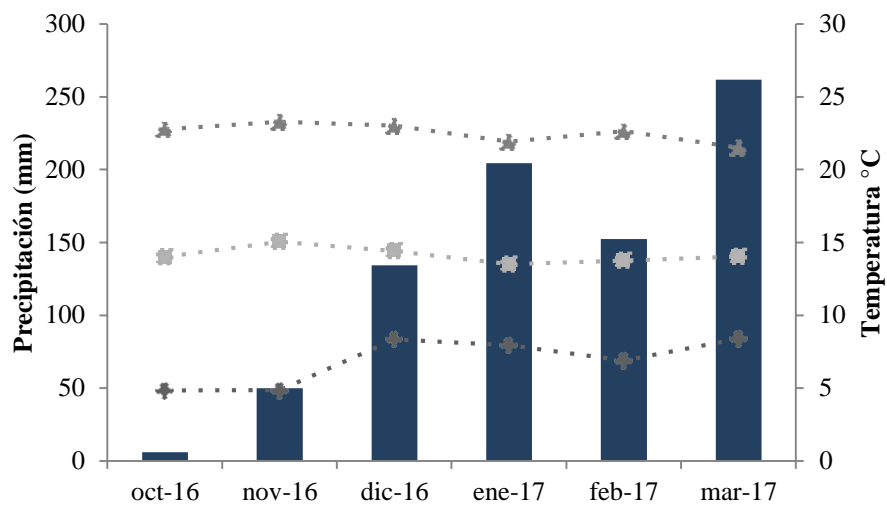
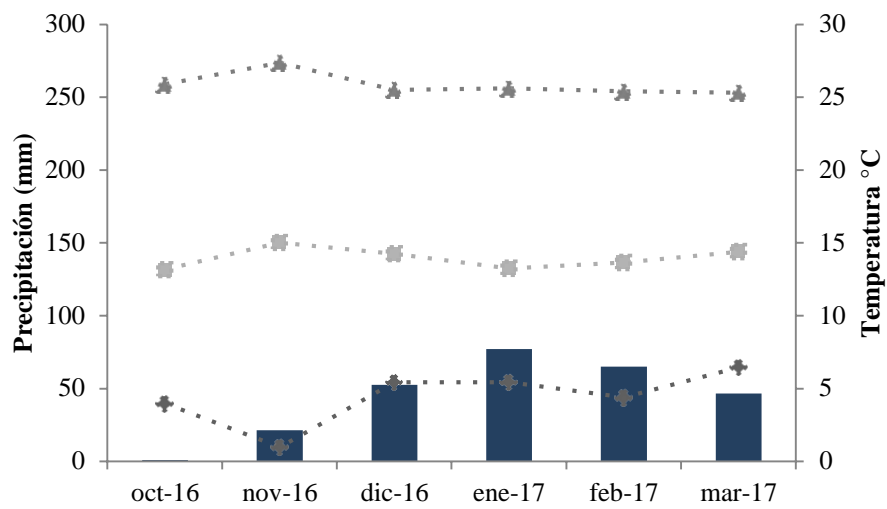
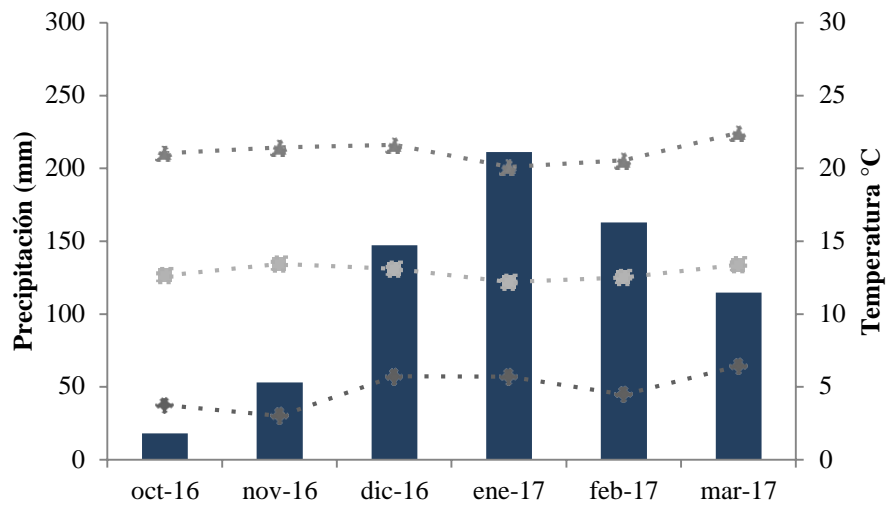
Anexo 61 Tubérculos cosechados de plantas variedad UNICA



Anexo 62. Tubérculos cosechados de plantas variedad Serranita



Anexo 63. Datos meteorológicos de las tres zonas evaluadas (Pogzogon, Santa Cruz y Aco).



Anexo 64. Ingrediente activo, coeficiente de impacto ambiental (EIQ) y dosis de los productos usados en las tres zonas evaluadas.

Producto	i.a^a	Concentración del i.a	Dosis (ml/l), (gr/l)	Contenido g i.a/l solución	EIQ^c
IDR 2	Fosfito di potásico	464.4 ^d	6	2.78	8.67
IDR 4	Hidróxido de cobre	21.0	6	0.13	33.2
	Lignosulfonato de aluminio	964.0	6	5.78	-
Antracol	Propineb	700	2.5	1.75	16.9
Infinito 688 SC	Propamorcab	625	3	1.875	23.89
	Flupicolide	62.5	2.5	0.16	26.0
Fitoraz 76 PM	Cymoxanil	60	2.5	0.15	35.48
	Propineb	700	2.5	1.75	16.9
Acrobat MZ	Mancozeb	600	2.5	1.50	25.72
	Dimetomorph	90	2.5	0.22	24.01

^a Ingrediente activo indicado en la etiqueta comercial del producto.

^b Concentración del ingrediente activo indicado en la etiqueta comercial del producto.

^c Valores de EIQ's calculados por el Programa de manejo integrado con pesticidas de la Universidad de Cornell (<https://nysipm.cornell.edu/eiq/list-pesticide-active-ingredient-eiq-values>).

^d La concentración del i.a fosfito di potásico fue calculado considerando la densidad del mismo como 1.29 g/cc.

Anexo 65. Análisis de variancia del porcentaje de infección en tubérculos completos correspondiente a la zona de Pogzogan (zona 1).

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Bloque	2	0.02405831	0.01202916	0.13	0.8810
Variedad (V)	3	7.23578608	2.41192869	25.46	<0.0001
Tratamiento (T)	7	7.68906267	1.09843752	11.60	<0.0001
VT	21	4.32157175	0.20578913	2.17	0.0097
Error	62	5.87251169	0.09471793		
Total	95	25.14299050			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

*Coeficiente de variación (CV) 13.03%

Anexo 66. Análisis de medias del efecto de las variedades en el porcentaje de infección en tubérculos completos correspondiente a la zona de Pogzogan (zona 1), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$)

Variedades	Media			
UNICA	2.83446	A		
Canchán	2.25467			B
Serranita	2.20313			B
Yungay	2.15825			B

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 67. Análisis de medias del efecto de los tratamientos en el porcentaje de infección en tubérculos completos correspondiente a la zona de Pogzogan (zona 1), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$)

Tratamientos	Media			
Control	2.9346	A		
Propineb	2.5767	A	B	
IDR 4/Propineb	2.4009		B	
IDR 4	2.3511		B	C
IDR 2/IDR 4	2.2838		B	C
IDR 2/Propineb	2.2354		B	C
DSS	2.2321		B	C
IDR 2	1.8854			C

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 68. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VXT) en variedades, correspondiente al ensayo de infección en tubérculos completos en la zona de Pogzogan (zona 1).

Variedades	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Canchán	7	3.223879	0.460554	4.86	0.0002
Serranita	7	1.944365	0.277766	2.93	0.0102
UNICA	7	3.598833	0.514119	5.43	<.0001
Yungay	7	3.243558	0.463365	4.89	0.0002

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 69. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en tratamientos, correspondiente al ensayo de infección en tubérculos completos en la zona de Pogzogan (zona 1).

Tratamientos	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
IDR 2	3	0.453856	0.151285	1.60	0.1991
IDR 2/Propineb	3	1.953969	0.651323	6.88	0.0005
IDR 4	3	1.507538	0.502513	5.31	0.0025
IDR 4/Propineb	3	2.235477	0.745159	7.87	0.0002
IDR 2/IDR 4	3	1.962850	0.654283	6.91	0.0004
Propineb	3	2.221470	0.740490	7.82	0.0002
DSS	3	0.315914	0.105305	1.11	0.3512
Control	3	0.906284	0.302095	3.19	0.0297

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 70 Análisis de variancia del porcentaje de infección en tubérculos completos correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2).

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Bloque	2	0.01992140	0.00996070	0.15	0.8611
Variedad (V)	3	7.11095503	2.37031834	35.66	<0.0001
Tratamiento (T)	7	17.82833357	2.54690480	38.32	<0.0001
VT	21	3.68099989	0.17528571	2.64	0.0017
Error	62	4.12075460	0.06646378		
Total	95	32.76096449			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

*Coeficiente de variación (CV) 12.05%

Anexo 71. Análisis de medias del efecto de las variedades en el porcentaje de infección en tubérculos completos correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).

Variedades	Media	
UNICA	2.84433	A
Yungay	2.36933	B
Canchán	2.19408	B
Serranita	2.16396	B

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 72. Análisis de medias del efecto de los tratamientos en el porcentaje de infección en tubérculos completos correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).

Tratamientos	Media			
Control	3.3389	A		
Propineb	2.8442		B	
DSS	2.3273			C
IDR 4	2.2148			C
IDR 4/Propineb	2.1889			C
IDR 2/IDR 4	2.1176			C
IDR 2/Propineb	2.1129			C
IDR 2	1.9988			C

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 73. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VXT) en variedades, correspondiente al ensayo de infección en tubérculos completos en la zona de Santa cruz (zona 2).

Variedades	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Canchán	7	5.941567	0.848795	12.77	<.0001
Serranita	7	2.702184	0.386026	5.81	<.0001
UNICA	7	5.881810	0.840259	12.64	<.0001
Yungay	7	6.983772	0.997682	15.01	<.0001

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 74 Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VXT) en tratamientos, correspondiente al ensayo de infección en tubérculos completos en la zona de Santa cruz (zona 2).

Tratamientos	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
IDR 2	3	0.461319	0.153773	2.31	0.0846
IDR 2/Propineb	3	1.743777	0.581259	8.75	<.0001
IDR 4	3	0.750404	0.250135	3.76	0.0151
IDR 4/Propineb	3	0.903845	0.301282	4.53	0.0062
IDR 2/IDR 4	3	0.653464	0.217821	3.28	0.0268
Propineb	3	1.812716	0.604239	9.09	<.0001
DSS	3	3.186978	1.062326	15.98	<.0001
Control	3	1.279452	0.426484	6.42	0.0007

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 75. Análisis de variancia del porcentaje de infección en tubérculos completos correspondiente a la zona de Aco (zona 3).

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Bloque	2	0.28964890	0.14482445	1.45	0.2420
Variedad (V)	3	12.51347228	4.17115743	41.81	<0.0001
Tratamiento (T)	7	26.91166349	3.84452336	38.53	<0.0001
VT	21	13.77929497	0.65615690	6.58	<0.0001
Error	62	6.18558310	0.09976747		
Total	95	59.67966274			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

*Coeficiente de variación (CV) 18.74%

Anexo 76. Análisis de medias del efecto de las variedades en el porcentaje de infección en tubérculos completos correspondiente a la zona de Aco (zona 3), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$)

Variedades	Media			
UNICA	2.58475	A		
Yungay	2.20438		B	
Canchán	1.77125			C
Serranita	1.68342			C

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 77. Análisis de medias del efecto de los tratamientos en el porcentaje de infección en tubérculos completos correspondiente a la zona de Aco (zona 3), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).

Tratamientos	Media				
Control	3.3365	A			
Propineb	2.2983		B		
IDR 2/IDR 4	1.9993		B	C	
IDR 4	1.9512		B	C	D
IDR 2	1.8820		B	C	D
IDR 4/Propineb	1.8624		B	C	D
DSS	1.6392			C	D
IDR 2/Propineb	1.5187				D

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 78 Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VXT) en variedades, correspondiente al ensayo de infección en tubérculos completos en la zona de Aco (zona 3).

Variedades	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Canchán	7	11.563962	1.651995	16.56	<.0001
Serranita	7	3.775566	0.539367	5.41	<.0001
UNICA	7	12.134997	1.733571	17.38	<.0001
Yungay	7	13.216433	1.888062	18.92	<.0001

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 79. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VXT) en tratamientos, correspondiente al ensayo de infección en tubérculos completos en la zona de Aco (zona 3).

Tratamientos	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
IDR 2	3	1.609241	0.536414	5.47	0.0024
IDR 2/Propineb	3	1.145777	0.381926	5.39	0.0140
IDR 4	3	0.653176	0.217725	2.21	0.0990
IDR 4/Propineb	3	1.515045	0.505015	6.71	0.0034
IDR 2/IDR 4	3	3.147721	1.049240	10.64	<.0001
Propineb	3	10.240617	3.413539	33.55	<.0001
DSS	3	2.222049	0.740683	12.72	0.0003
Control	3	5.759142	1.919714	9.85	<.0001

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 80. Análisis de variancia combinado del ensayo de infección en tubérculos completos para las tres zonas evaluadas.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Zonas (Zon)	2	6.46839827	3.23419914	37.18	<0.0001
Bloque(Zon)	6	0.33362860	0.05560477	0.64	0.6987
Variedad (Var)	3	24.34916103	8.11638701	93.31	<0.0001
Tratamiento (Trat)	7	45.59210256	6.51315751	74.88	<0.0001
ZonxVar	6	2.51105237	0.41850873	4.81	0.0001
VarxTrat	21	6.46032264	0.30763441	3.54	<0.0001
ZonxTrat	14	6.83695717	0.48835408	5.61	<0.0001
ZonxVarxTrat	42	15.32154397	0.36479867	4.19	<0.0001
Error	186	16.1788494			
Total	287	124.0520160			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

*El CV% para el análisis fue de 12.98%

Anexo 81. Análisis de medias de las zonas de siembra según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) para el ensayo de infección en tubérculos completos.

Zonas	Media		
Santa cruz	2.39293	A	
Pogzogan	2.36263	A	
Aco	2.06095		B

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 82. Análisis de medias de las variedades según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) para el ensayo de infección en tubérculos completos.

Variedades	Media		
UNICA	2.75451	A	
Yungay	2.24399		B
Canchán	2.07333		C
Serranita	2.01683		C

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 83. Análisis de medias de los tratamientos según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) para el ensayo de infección en tubérculos completos.

Tratamientos	Media			
Control	3.20333	A		
Propineb	2.57306		B	
IDR 4	2.17236			C
IDR 4/Propineb	2.15075			C D
IDR 2/IDR 4	2.13358			C D
DSS	2.06617			C D
IDR 2/Propineb	1.95567			C D
IDR 2	1.92242			D

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 84 Análisis de variancia del porcentaje de infección en rodajas de tubérculos correspondiente a la zona de Pogzogán (zona 1).

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Bloque	2	0.17343333	0.08671667	1.04	0.3599
Variedad (V)	3	24.96088333	8.32029444	99.68	<0.0001
Tratamiento (T)	7	16.20486667	2.31498095	27.74	<0.0001
VT	21	6.33438333	0.30163730	3.61	<0.0001
Error	62	5.17496667	0.08346720		
Total	95	52.84853333			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

*Coeficiente de variación (CV) 5.77%

Anexo 85. Análisis de medias del efecto de las variedades en el porcentaje de infección en rodajas de tubérculos correspondiente a la zona de Pogzogán (zona 1), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$)

Variedades	Media			
Serranita	5.84958	A		
Canchán	4.97458		B	
UNICA	4.65542			C
Yungay	4.55375			C

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 86. Análisis de medias del efecto de los tratamientos en el porcentaje de infección en rodajas de tubérculos correspondiente a la zona de Pogzogan (zona 1), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$)

Tratamientos	Media			
Control	5.7392	A		
Propineb	5.5808	A		
IDR 4/Propineb	5.1100		B	
IDR 2/Propineb	4.8567		B	C
IDR 4	4.8533		B	C
DSS	4.7758		B	C
IDR 2/IDR 4	4.6092			C
IDR 2	4.5417			C

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 87. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VXT) en variedades, correspondiente al ensayo de infección en rodajas de tubérculos en la zona de Pogzogan (zona 1).

Variedades	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Canchán	7	3.526463	0.503780	6.04	<.0001
Serranita	7	5.746229	0.820890	9.83	<.0001
UNICA	7	10.808729	1.544104	18.5	<.0001
Yungay	7	2.457829	0.351118	4.21	0.0008

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 88. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en tratamientos, correspondiente al ensayo de infección en rodajas de tubérculos en la zona de Pogzogan (zona 1).

Tratamientos	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
IDR 2	3	2.161100	0.720367	8.63	<.0001
IDR 2/Propineb	3	5.783400	1.927800	23.1	<.0001
IDR 4	3	4.368600	1.456200	17.45	<.0001
IDR 4/Propineb	3	5.816067	1.938689	23.23	<.0001
IDR 2/IDR 4	3	2.263025	0.754342	9.04	<.0001
Propineb	3	2.086092	0.695364	8.33	<.0001
DSS	3	4.390158	1.463386	17.53	<.0001
Control	3	4.426825	1.475608	17.68	<.0001

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 89. Análisis de variancia del porcentaje de infección en rodajas de tubérculos correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2).

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Bloque	2	0.20613958	0.10306979	1.50	0.2312
Variedad (V)	3	33.70686146	11.23562049	163.48	<0.0001
Tratamiento (T)	7	25.15799896	3.59399985	52.29	<0.0001
VT	21	14.30108021	0.68100382	9.91	<0.0001
Error	62	4.26099375	0.06872571		
Total	95	77.63307396			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

*Coeficiente de variación (CV) 5.13%

Anexo 90 Análisis de medias del efecto de las variedades en el porcentaje de infección en rodajas de tubérculos correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$)

Variedades	Media			
Serranita	5.90583	A		
Canchán	5.21750		B	
UNICA	5.07542		B	
Yungay	4.23917			C

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 91. Análisis de medias del efecto de los tratamientos en el porcentaje de infección en rodajas de tubérculos correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).

Tratamientos	Media				
Control	6.0075	A			
Propineb	5.5400		B		
IDR 2/IDR 4	5.2483		B		
IDR 4/Propineb	5.2400		B		
IDR 2/Propineb	5.1992		B		
IDR 4	4.7258			C	
IDR 2	4.6350			C	D
DSS	4.2800				D

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 92. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VXT) en variedades, correspondiente al ensayo de infección en rodajas de tubérculos en la zona de Santa cruz (zona 2).

Variedades	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Canchán	7	5.539850	0.791407	11.52	<.0001
Serranita	7	11.931050	1.704436	24.80	<.0001
UNICA	7	7.731463	1.104495	16.07	<.0001
Yungay	7	14.256717	2.036674	29.63	<.0001

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 93. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VXT) en tratamientos, correspondiente al ensayo de infección en rodajas de tubérculos en la zona de Santa cruz (zona 2).

Tratamientos	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
IDR 2	3	1.724300	0.574767	8.36	<.0001
IDR 2/Propineb	3	8.275692	2.758564	40.14	<.0001
IDR 4	3	2.053892	0.684631	9.96	<.0001
IDR 4/Propineb	3	9.039733	3.013244	43.84	<.0001
IDR 2/IDR 4	3	1.751100	0.583700	8.49	<.0001
Propineb	3	2.150867	0.716956	10.43	<.0001
<i>DSS</i>	3	16.130067	5.376689	78.23	<.0001
Control	3	6.882292	2.294097	33.38	<.0001

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 94. Análisis de variancia del porcentaje de infección en rodajas de tubérculos correspondiente a la zona de Aco (zona 3).

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Bloque	2	0.35310625	0.17655312	3.18	0.0485
Variedad (V)	3	13.73424167	4.57808056	82.41	<0.0001
Tratamiento (T)	7	18.78100000	2.68300000	48.30	<0.0001
VT	21	6.47269167	0.30822341	5.55	<0.0001
Error	62	3.44416042	0.05555097		
Total	95	42.78520000			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

*Coeficiente de variación (CV) 5.03%

Anexo 95. Análisis de medias del efecto de las variedades en el porcentaje de infección en rodajas de tubérculos correspondiente a la zona de Aco (zona 3), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$)

Variedades	Media	
Serranita	5.32542	A
UNICA	4.53167	B
Yungay	4.52333	B
Canchán	4.34958	B

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 96. Análisis de medias del efecto de los tratamientos en el porcentaje de infección en rodajas de tubérculos correspondiente a la zona de Aco (zona 3), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$).

Tratamientos	Media				
Control	5.64417	A			
Propineb	5.13750		B		
IDR 2/IDR 4	4.69583			C	
IDR 4	4.50667			C	D
IDR 2/Propineb	4.44167			C	D
DSS	4.37833			C	D
IDR 2/IDR 4	4.33750				D
IDR 2	4.31833				D

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 97. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VXT) en variedades, correspondiente al ensayo de infección en rodajas de tubérculos en la zona de Aco (zona 3).

Variedades	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Canchán	7	13.949963	1.992852	35.87	<.0001
Serranita	7	2.702796	0.386114	6.95	<.0001
UNICA	7	2.794667	0.399238	7.19	<.0001
Yungay	7	5.806267	0.829467	14.93	<.0001

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 98. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VXT) en tratamientos, correspondiente al ensayo de infección en rodajas de tubérculos en la zona de Aco (zona 3).

Tratamientos	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
IDR 2	3	3.644367	1.214789	21.87	<.0001
IDR 2/Propineb	3	2.135033	0.711678	12.81	<.0001
IDR 4	3	1.208200	0.402733	7.25	0.0003
IDR 4/Propineb	3	1.625558	0.541853	9.75	<.0001
IDR 2/IDR 4	3	2.119492	0.706497	12.72	<.0001
Propineb	3	2.240292	0.746764	13.44	<.0001
DSS	3	6.590833	2.196944	39.55	<.0001
Control	3	0.643158	0.214386	3.86	0.0135

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 99. Análisis de variancia combinado del ensayo de infección en rodajas de tubérculos para las tres zonas evaluadas.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Zonas (Zon)	2	9.55868958	4.77934479	69.02	<0.0001
Bloque (Zon)	6	0.73267917	0.12211319	1.76	0.1088
Variedad (Var)	3	62.07485382	20.69161794	298.80	<0.0001
Tratamiento (Trat)	7	53.74271076	7.67753011	110.87	<0.0001
ZonxVar	6	10.32713264	1.72118877	24.86	<0.0001
VarxTrat	21	9.94639896	0.47363805	6.84	<0.0001
ZonxTrat	14	6.40115486	0.45722535	6.60	<0.0001
ZonxVarxTrat	42	17.16175625	0.40861324	5.90	<0.0001
Error	186	12.8801208			
Total	287	182.8254969			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

*El CV% para el análisis fue de 5.33%

Anexo 100. Análisis de medias de las zonas de siembra según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) para el ensayo de infección en rodajas de tubérculos.

Zonas	Media			
Santa cruz	5.10948	A		
Pogzogan	5.00833	A		
Aco	4.68250			B

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 101. Análisis de medias de las variedades según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) para el ensayo de infección en rodajas de tubérculos.

Variedades	Media				
Serranita	5.69361	A			
Canchán	4.84722			B	
UNICA	4.75417			B	
Yungay	4.43875				C

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 102. Análisis de medias de los tratamientos según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.01$) para el ensayo de infección en rodajas de tubérculos.

Tratamientos	Media					
Control	5.79694	A				
Propineb	5.41944			B		
IDR 4/Propineb	5.01528				C	
IDR 2/Propineb	4.83250				C	D
IDR 2/IDR 4	4.73167					D
IDR 4	4.69528					D
IDR 2	4.49833					D
DSS	4.47806					D

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 103. Análisis de correlación de Pearson entre el tejido necrótico (5) evaluado en tubérculos completos y el grado de susceptibilidad foliar de las variedades.

Grado de susceptibilidad de las variedades de papa.	Control	IDR 2	IDR 4
Correlación de Pearson	0.435	-0.116	-0.018
Valor de p	0.008	0.499	0.916

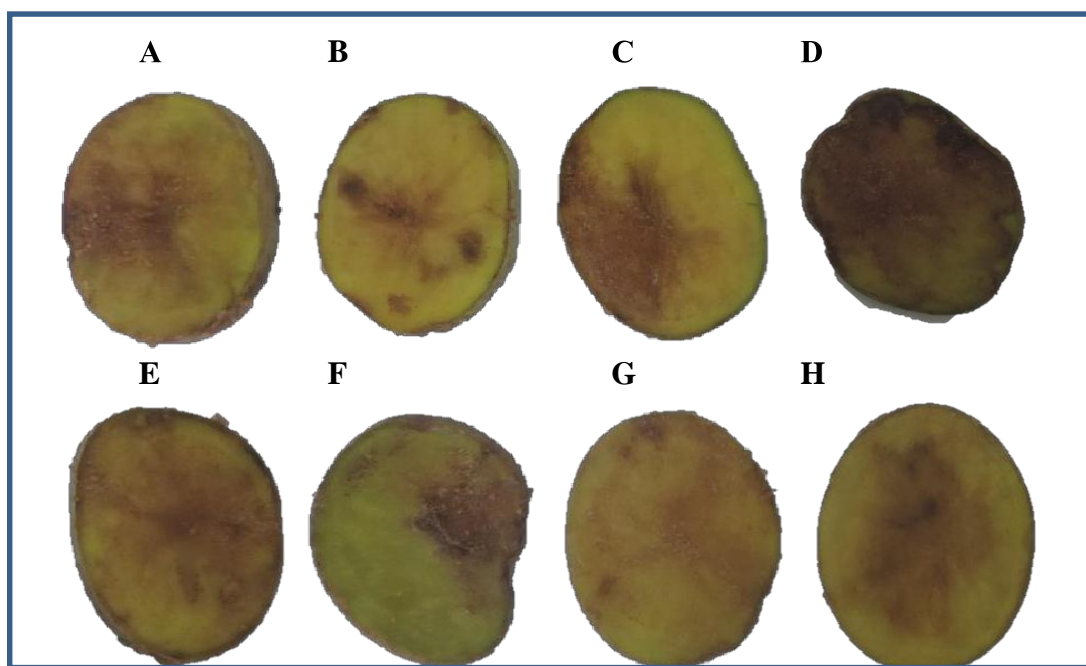
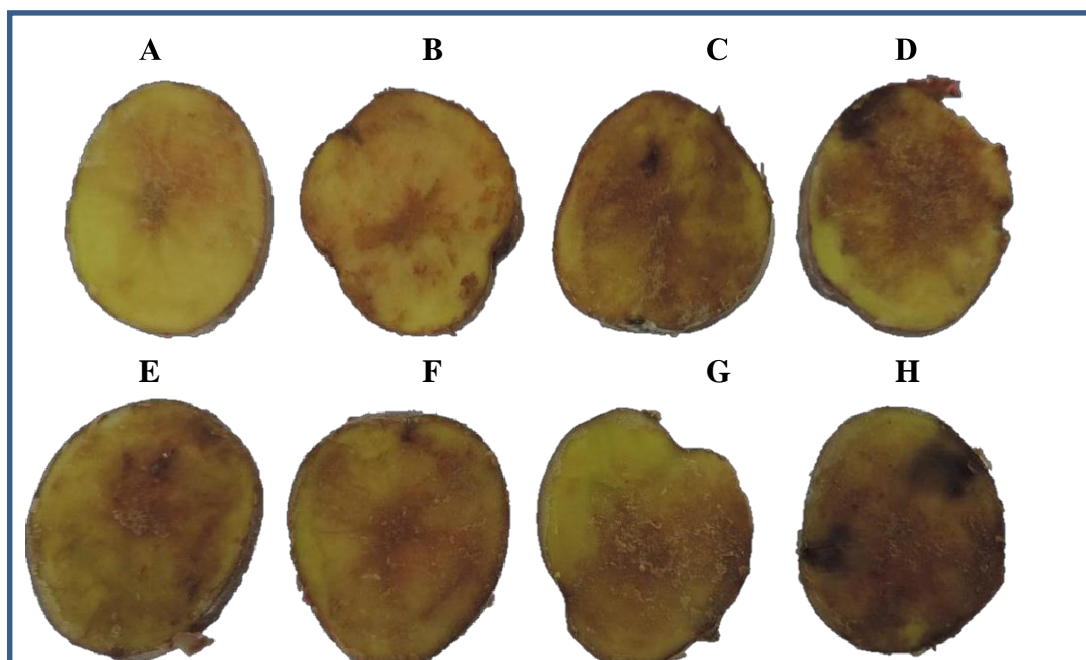
*Analizado con el programa Minitab17 (Minitab Inc, USA).

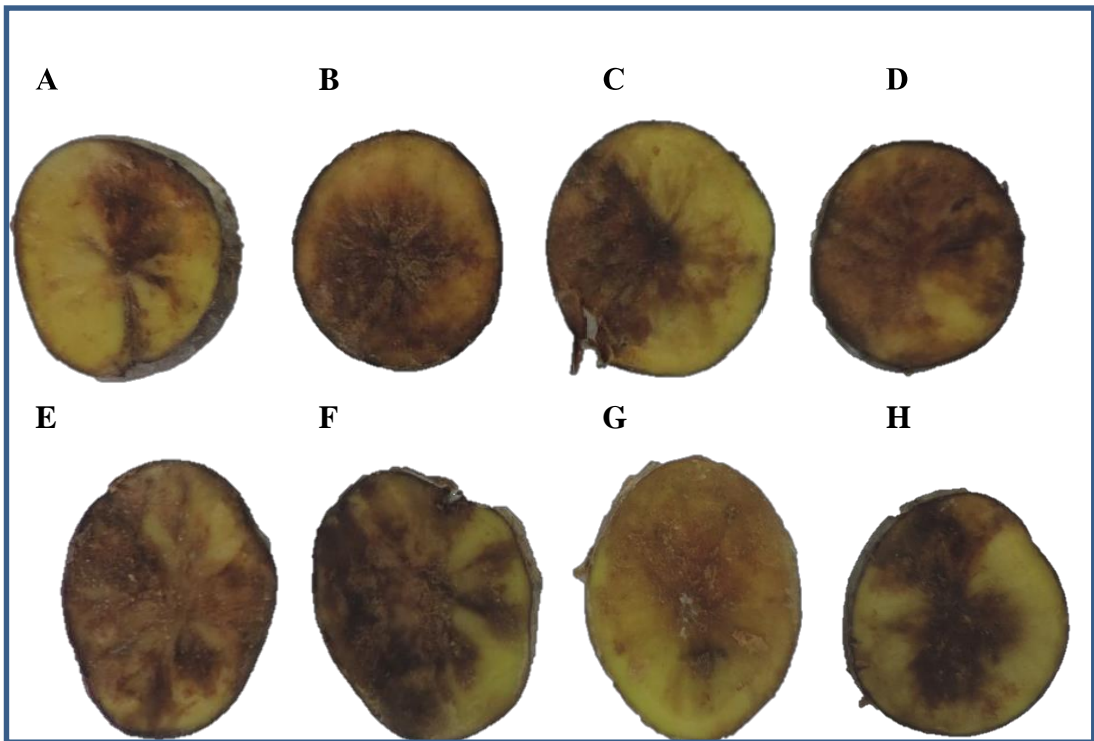
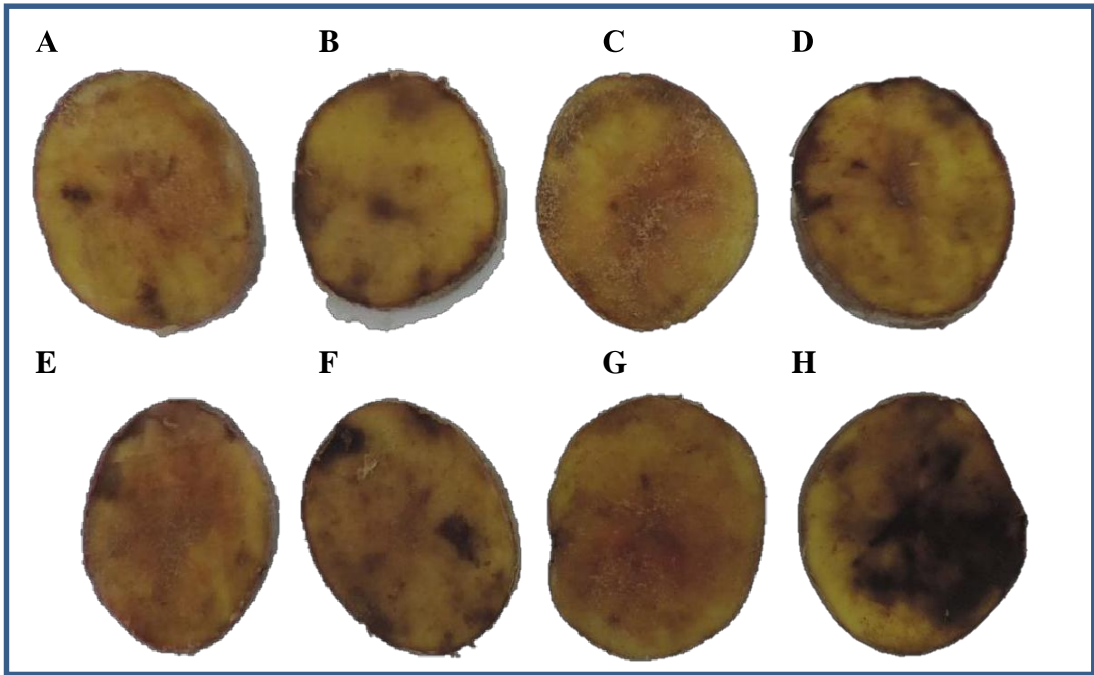
Anexo 104. Análisis de correlación de Pearson entre el tejido necrótico (5) evaluado en rodajas de tubérculos y el grado de susceptibilidad foliar de las variedades.

Grado de susceptibilidad de las variedades de papa.	Control	IDR 2	IDR 4
Correlación de Pearson	-0.647	-0.644	-0.425
Valor de p	0.000	0.000	0.010

*Analizado con el programa Minitab17 (Minitab Inc, USA).

Anexo 105. Rodajas de tubérculos de papa de la variedad Canchán, Yungay, UNICA y Serranita infectadas después de 7 días de ser inoculadas con *P. infestans* A. IDR 2, B. IDR 2/Propineb, C. IDR 4, D. IDR 4/Propineb, E. IDR 2/IDR 4, F. Propineb, G. DSS, H. Control.





Anexo 106. Análisis de variancia del contenido de fenoles totales en la zona de Pogzogán (zona 1).

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Bloque	2	0.00233439	0.00116719	0.48	0.6272
Variedad (V)	3	0.15194319	0.05064773	20.68	<0.0001
Tratamiento (T)	2	0.01918006	0.00959003	3.92	0.0351
VT	6	0.02168906	0.00959003	1.48	0.2323
Error	22	0.05388894	0.00244950		
Total	35	0.24903564			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

*Coeficiente de variación (CV) 1.85%

Anexo 107. Análisis de medias del efecto de las variedades en el contenido de fenoles totales correspondiente a la zona de Pogzogán (zona 1), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$)

Variedades	Media			
Yungay	2.78333	A		
Serranita	2.70622		B	
UNICA	2.69689		B	
Canchán	2.60033			C

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 108. Análisis de medias del efecto de los tratamientos en el contenido de fenoles totales en tubérculos completos correspondiente a la zona de Pogzogán (zona 1), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$)

Tratamientos	Media			
IDR 4	2.72117	A		
IDR 2	2.70317	A		B
Control	2.66575			B

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 109. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VXT) en variedades, respecto al contenido de fenoles totales en la zona de Pogzogán (zona 1).

Variedades	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Canchán	2	0.018563	0.009281	3.79	0.0385
Serranita	2	0.002423	0.001211	0.49	0.6165
UNICA	2	0.003070	0.001535	0.63	0.5437
Yungay	2	0.016814	0.008407	3.43	0.0504

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 110. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en tratamientos, respecto al contenido de fenoles totales en la zona de Pogzogán (zona 1).

Tratamientos	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
IDR 2	3	0.073108	0.024369	9.95	0.0002
IDR 4	3	0.075500	0.025167	10.27	0.0002
Control	3	0.025025	0.008342	3.41	0.0355

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 111. Análisis de variancia del contenido de fenoles totales en la zona de Santa cruz (zona 2).

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Bloque	2	0.00688822	0.00344411	2.99	0.0708
Variedad (V)	3	0.05734764	0.01911588	16.61	<0.0001
Tratamiento (T)	2	0.01464906	0.00732453	6.37	0.0066
VXT	6	0.02958161	0.00493017	4.29	0.0052
Error	22	0.02530244	0.00115011		
Total	35	0.13287164			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

*Coeficiente de variación (CV) 1.24%

Anexo 112 Análisis de medias del efecto de las variedades en el contenido de fenoles totales correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$)

Variedades	Media		
Yungay	2.78789	A	
Serranita	2.70589		B
Canchán	2.69333		B
UNICA	2.69078		B

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 113 Análisis de medias del efecto de los tratamientos en el contenido de fenoles totales correspondiente a la zona de Santa cruz (zona 2), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$).

Tratamientos	Media		
Control	2.74192	A	
IDR 2	2.72350	A	B
IDR 4	2.69300		B

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 114. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en variedades, respecto al contenido de fenoles totales en la zona de Santa cruz (zona 2).

Variedades	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Canchán	2	0.018278	0.009139	7.95	0.025
Serranita	2	0.009339	0.004669	4.06	0.0316
UNICA	2	0.012116	0.006058	5.27	0.135
Yungay	2	0.004498	0.002249	1.96	0.1654

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 115. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en tratamientos, respecto al contenido de fenoles totales en la zona de Santa cruz (zona 2).

Tratamientos	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
IDR 2	3	0.026391	0.008797	7.65	0.0011
IDR 4	3	0.023795	0.007932	6.90	0.0019
Control	3	0.036743	0.012248	10.65	0.0002

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 116. Análisis de variancia del contenido de fenoles totales correspondiente a la zona de Aco (zona 3).

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Bloque	2	0.01595539	0.00797769	3.53	0.0471
Variedad (V)	3	0.12389478	0.04129826	18.23	<0.0001
Tratamiento (T)	2	0.01888539	0.00944269	4.17	0.0292
VXT	6	0.01364506	0.00944269	1.00	0.4477
Error	22	0.04983328	0.00227418		
Total	35	0.22221389			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

*Coeficiente de variación (CV) 1.75%

Anexo 117. Análisis de medias del efecto de las variedades en el contenido de fenoles totales correspondiente a la zona de Aco (zona 3), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$)

Variedades	Media			
Yungay	2.80122	A		
Serranita	2.72100		B	
UNICA	2.70533		B	
Canchán	2.63622			C

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 118. Análisis de medias del efecto de los tratamientos en el contenido de fenoles totales correspondiente a la zona de Aco (zona 3), según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$).

Tratamientos	Media		
Control	2.73333	A	
IDR 4	2.73092	A	
IDR 2	2.68358		B

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 119. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en variedades, respecto al contenido de fenoles totales en la zona de Aco (zona 3).

Variedades	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Canchán	2	0.007054	0.003527	1.56	0.2331
Serranita	2	0.010809	0.05404	2.39	0.1154
UNICA	2	0.008078	0.004039	1.78	0.1916
Yungay	2	0.006590	0.003295	1.45	0.2551

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 120. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en tratamientos, correspondiente al contenido de fenoles totales en la zona de Aco (zona 3).

Tratamientos	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
IDR 2	3	0.036125	0.012042	5.32	0.0066
IDR 4	3	0.054815	0.018272	8.07	0.0008
Control	3	0.046600	0.015533	6.86	0.0020

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 121. Análisis combinado de variancia respecto al contenido de fenoles totales para las tres zonas evaluadas.

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Zonas (Zon)	2	0.01082202	0.00541101	2.77	0.0701
Bloque(Zon)	6	0.02517800	0.00419633	2.15	0.0595
Variedad (Var)	3	0.30055385	0.10018462	51.25	<0.0001
Tratamiento (Trat)	3	0.02330535	0.01165268	5.96	0.0042
ZonxVar	6	0.03263176	0.00543863	2.78	0.0179
VarxTrat	6	0.02809909	0.00468318	2.40	0.0373
ZonxTrat	4	0.02940915	0.00735229	3.76	0.0081
ZonxVarxTrat	12	0.03681663	0.00306805	1.57	0.1227
Error	66	0.12902467	0.0195492		
Total	107	0.61584052			

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

*El CV% para el análisis fue de 1.63%

Anexo 122 Análisis de medias de las zonas de siembra según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$) respecto al contenido de fenoles totales.

Zonas	Media	
Santa cruz	2.71947	A
Aco	2.71594	A
Pogzogan	2.69669	A

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 123. Análisis de medias de las variedades según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$) respecto al contenido de fenoles totales en tubérculos de papa.

Variedades	Media		
Yungay	2.79081	A	
Serranita	2.71104		B
UNICA	2.69767		B
Canchán	2.64330		C

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 124. Análisis de medias de los tratamientos según la comparación múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$) respecto al contenido de fenoles totales en tubérculos de papa.

Tratamientos	Media		
Control	2.72614	A	
IDR 4	2.71503	A	B
IDR 2	2.69094		B

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Anexo 125. Análisis de variancia de efectos simples de la variedad por tratamiento (VT) en variedades, correspondiente al contenido de fenoles totales en tubérculos de papa.

Variedad	GL	SC	CM	Fvalor	Pvalor
Canchán	2	0.036911	0.018546	9.44	0.0002
Serranita	3	0.002122	0.001061	0.54	0.5837
UNICA	3	0.000861	0.000430	0.22	0.8030
Yungay	3	0.011510	0.005755	2.94	0.0596

*Analizado con el programa SAS for Windows Versión 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).