

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN FITOPATOLOGÍA**



**“VALIDACIÓN DE ESTRATEGIAS DE PROINPA PARA EL
CONTROL QUÍMICO DE LA RANCHA (*Phytophthora infestans*) DE
LA PAPA EN HUÁNUCO, PERÚ”**

Presentado por:

LUIS VILLODAS ROSALES

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN FITOPATOLOGÍA**

Lima – Perú

2015

VALIDACIÓN DE ESTRATEGIAS DE PROINPA PARA EL CONTROL QUÍMICO DE LA RANCHA (*Phytophthora infestans*) DE LA PAPA EN HUÁNUCO, PERÚ

RESUMEN

Con el objetivo de validar y ajustar las estrategias de PROINPA para el control químico de la racha de la papa en cultivares susceptibles y complementar el control químico con la resistencia, se realizaron tres ensayos en Mayobamba (Huánuco) utilizando cultivares locales. En el Ensayo 1 la estrategia de PROINPA para cultivares susceptibles se aplicó en Amarilla Tumbay y en Canchán y la estrategia para cultivares resistentes en Amarilis, Canchán y en dos clones de papa pre-seleccionados por su resistencia a racha. En ambas estrategias se utilizaron los fungicidas cimoxanil + propineb y el clorotalonil. La severidad de la enfermedad fue evaluada visualmente con la ayuda de una escala diagramática, con los datos de severidad se calculó el Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (AUDPC). Asimismo, se evaluó el rendimiento, se cuantificó la esporulación y se realizó una prueba de sensibilidad *in vitro* de *P. infestans* al metalaxil. Las estrategias de PROINPA permitieron un control efectivo de la racha obteniéndose rendimientos superiores con reducciones de 30-50% y de 44-70% de fungicidas aplicados en cultivares susceptibles y resistentes respectivamente. Los cultivares Canchán y Amarilis mostraron niveles bajos de resistencia que no permitieron ahorros significativos de fungicidas aplicados bajo condiciones favorables para la racha. Un clon previamente seleccionado por los agricultores a partir de material original obtenido del Centro Internacional de la Papa (CIP), mostró un nivel apropiado de resistencia a la racha. Todos los aislamientos de *Phytophthora infestans* ensayados *in vitro* mostraron ser resistentes al metalaxil a las concentraciones de 5 y 100 ppm. En el Ensayo 2, utilizando el cultivar susceptible Amarilla Tumbay se aplicó dos programas calendarizados (cada 5 y 10 días) utilizando los fungicidas: cimoxanil + propineb, mefenoxam + mancozeb y el clorotalonil, mientras que en la estrategia PROINPA se utilizaron los fungicidas en parejas: cimoxanil + propineb con clorotalonil y mefenoxam + mancozeb con clorotalonil. La aplicación de clorotalonil cada 5 días controló mejor la enfermedad, tuvo el mayor rendimiento y el mayor beneficio económico neto. El mefenoxam y el cimoxanil utilizados dentro de la estrategia de

PROINPA tuvieron una performance aceptable, aunque la población de *P. infestans* mostró reducida sensibilidad a los fungicidas sistémicos utilizados. Se requirió de aplicaciones a intervalos muy cortos de cinco días para una mejor acción de cimoxanil. Se determinó una correlación altamente significativa entre el tiempo y el crecimiento de la lesión causada por *P. infestans*. El Ensayo 3, fue similar al Ensayo 2 pero utilizando el cultivar resistente Amarilis. Los resultados demostraron que este cultivar se comportó como susceptible y que para un buen control de la racha, bajo condiciones del experimento, requirió de al menos 15 aplicaciones de fungicidas cada 5 días. La aplicación cada 5 días, de mefenoxam + mancozeb y cimoxanil + propineb incrementó significativamente el rendimiento y el beneficio económico respectivamente. Sin embargo, utilizando la estrategia PROINPA se redujo en 30% el número de aplicaciones con sólo 7% de reducción en los rendimientos. Estos resultados confirman que el intervalo de 10 días entre aplicaciones de los tres fungicidas utilizados en el presente trabajo resultó muy largo para un control efectivo de la racha bajo las condiciones medio ambientales y de población de *P. infestans* de Mayobamba.

VALIDATION OF PROINPA STRATEGIES FOR CHEMICAL CONTROL OF POTATO LATE BLIGHT (*Phytophthora infestans*) IN HUANUCO, PERU.

ABSTRACT

In order to validate and adapt PROINPA strategies for chemical control of potato late blight in susceptible potato cultivars and complement it with resistance, three trials were conducted in Mayobamba (Huánuco) using local cultivars. PROINPA strategy for susceptible cultivars was applied in AmarillaTumbay and Canchán and strategy for resistant cultivars to Amarilis, Canchán and two clones pre-selected for resistance to potato late blight. In both strategies the cimoxanil/propineb fungicides and clorotalonil were used. The disease severity was assessed visually with the help of a diagrammatic scale, the area under the disease progress curve (AUDPC) and the tuber yield were calculated. Moreover, the sporulation and the sensitivity of *Phytophthora infestans* to metalaxil were measured by *in vitro* tests. Effective control of late blight and high tuber yields with fungicides reductions by 30-50% and 44-70% in susceptible and resistant cultivars, respectively were obtained with PROINPA strategies. The Canchán and Amarilis cultivars showed low levels of resistance that did not allow significant savings of fungicides applied under favorable conditions for late blight. A clone previously selected by farmers from original material obtained from the International Potato Center (CIP), showed an appropriate level of resistance to late blight. All isolates of *P. infestans* were shown to be resistant to metalaxil at concentrations of 5 to 100 ppm. Using the susceptible cultivar AmarillaTumbay with two programs of fungicides application (5- or 10-day intervals): cimoxanil/propineb or mefenoxam/mancozeb or clorotalonil, while in the PROINPA strategy fungicides were used in pairs: cimoxanil/propineb with clorotalonil or mefenoxam/mancozeb with clorotalonil. Applying clorotalonil at 5-day intervals the disease was effectively controlled, and tuber yield and net profit showed the highest values. The mefenoxam and cimoxanil used within the PROINPA strategy had acceptable performance, even with a population of *P. infestans* showing reduced sensibility to metalaxil. The best action of cimoxanil was observed when the applications were at 5-day intervals. A highly significant positive correlation between time and growth of the lesion caused by *P. infestans* was determined. Using the resistant cultivar Amarilis, our results showed that this cultivar behaved as

susceptible and acceptable level of late blight control required at least 15 fungicide applications at 5-day intervals. The 5-day intervals of mefenoxam/mancozeb or cymoxanil/propineb significantly increased the tuber yield and the net profit. However, using the PROINPA strategy the number of applications and tuber yield were reduced by 30% and 7%, respectively. These results confirmed that the 10-day intervals between applications of the three fungicides used in this study was too long for effective control of late blight under the environmental conditions and population of *P. infestans* at Mayobamba.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	01
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	05
2.1	IMPORTANCIA DEL TIZÓN TARDÍO	05
2.2	SINTOMATOLOGÍA DEL TIZÓN TARDÍO	06
2.3	<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary	07
2.3.1	Taxonomía, Características Estructurales	07
2.3.2	Ciclo de Vida de <i>P. infestans</i>	08
a.	Ciclo asexual	08
b.	Ciclo sexual	09
2.4	CICLO DEL TIZÓN TARDÍO	10
2.5	FACTORES QUE AFECTAN A LA RANCHA Y AL CICLO ASEXUAL DE <i>P. infestans</i>	12
2.5.1	Factores de Medio Ambiente	12
a.	Temperatura	12
b.	Humedad	13
c.	Precipitación y rocío	14
d.	Viento	14
e.	Radiación	15
2.5.2	Factores de Hospedante	15
a.	Resistencia genética del hospedante	15

H20.
V54
T
cel

43862

a.1	Resistencia vertical	15
a.2	Resistencia horizontal	17
b.	Componentes de resistencia	19
c.	Estado fisiológico del hospedante	21
2.5.3	Factores de Patógeno	23
a.	Genotipo	23
2.6	MANEJO INTEGRADO DEL TIZÓN TARDÍO	24
2.7	BASES DE LAS ESTRATEGIAS DE PROINPA PARA EL CONTROL QUÍMICO DEL TIZÓN DE LA PAPA	24
2.8	VENTAJAS DE LAS ESTRATEGIAS DE PROINPA	25
2.9	TIPOS DE FUNGICIDAS UTILIZADOS PARA EL CONTROL QUÍMICO DE LA RANCHA	26
2.9.1	Las Fenilamidas	28
2.9.2	Resistencia al metalaxil	29
2.9.3	Reportes de Resistencia al metalaxil en el País	32
2.10	RESISTENCIA A RANCHA	34
2.11	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS ESTRATEGIAS DE PROINPA	35
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1	LUGAR DE EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.2	REGISTRO DE DATOS METEOROLÓGICOS	38
3.3	MATERIALES	38
3.3.1	Material Vegetal	38

a. Cultivares resistentes	38
b. Cultivares susceptibles	38
3.3.2 Plaguicidas	39
a. Fungicidas	39
b. Insecticidas	42
3.3.3 Fertilizantes	42
3.3.4 Materia Orgánica	42
3.3.5 Otros Materiales	42
3.4 METODOLOGÍA PARA LA FASE DE CAMPO	43
3.4.1 Preparación del Terreno	43
3.4.2 Fertilización	43
3.4.3 Abonamiento	43
3.4.4 Siembra	43
3.4.5 Labores Culturales	44
a. Riegos	44
b. Deshierbo y aporque	44
3.4.6 Cosecha	44
3.5 EVALUACIONES REALIZADAS	44
3.5.1 Evaluación de Severidad	45
3.5.2 Cálculo Área Bajo la Curva Progreso de la Enfermedad(AUDPC)	46
3.5.3 Evaluación del Rendimiento	46
3.5.4 Análisis Económico	47

3.5.5	ENSAYO 1:	47
	Validación de Estrategias de PROINPA para el Control	47
	Químico de la Rancho de la Papa en Cultivares Susceptibles y	
	Resistentes.	
	a. Diseño experimental	48
	b. Ajuste de la estrategia para cultivares susceptibles (EPCS)	48
	c. Encuestas	49
	d. Cuantificación de la esporulación de <i>P. infestans</i>	49
	e. Aislamiento de <i>P. infestans</i>	50
	f. Prueba de sensibilidad de <i>P. infestans</i> al metalaxil	53
3.5.6	ENSAYO 2:	54
	Programas Calendario y Estrategia para el Control Químico	
	de la Rancho en el Cultivar Susceptible Amarilla Tumbay	
	a. Diseño experimental	55
	b. Cuantificación de la esporulación de <i>P. infestans</i>	56
	c. Aislamiento de <i>P. infestans</i>	56
	d. Prueba de sensibilidad de <i>P. infestans</i> al metalaxil	56
	e. Evaluación del crecimiento de la lesión	57
3.5.7	ENSAYO 3:	60
	Programas Calendario y Estrategia para la Integración de	
	Resistencia y Control Químico de la Rancho en el Cultivar	
	Amarilis.	
	a. Diseño experimental	60

b.	Cuantificación de la esporulación de <i>P. infestans</i>	61
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	62
4.1	VARIABLES ATMOSFÉRICAS	62
4.2	ENSAYO 1	64
4.2.1	Curva de Avance de la Epidemia	64
4.2.2	AUDPC y Rendimiento	66
4.2.3	Cuantificación de la Esporulación	72
4.2.4	Aislamiento de <i>P. infestans</i>	74
4.2.5	Prueba de Sensibilidad de <i>P. infestans</i> al metalaxil	75
4.2.6	Análisis Económico	78
4.3	ENSAYO 2	80
4.3.1	Curva de Avance de la Epidemia	80
4.3.2	AUDPC y Rendimiento	82
4.3.3	Cuantificación de la Esporulación	88
4.3.4	Prueba de Sensibilidad de <i>P. infestans</i> al metalaxil	89
4.3.5	Evaluación del Crecimiento de la Lesión	89
4.3.6	Análisis Económico	94
4.4	ENSAYO 3	95
4.4.1	Curva de Avance de la Epidemia	95
4.4.2	AUDPC y Rendimiento	97
4.4.3	Cuantificación de la Esporulación	102

4.4.4	Análisis Económico	104
V.	CONCLUSIONES	105
VI.	RECOMENDACIONES.	107
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
VIII.	ANEXOS	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Fungicidas que se utilizaron para el control químico de la ranca en los diferentes ensayos.	40
Tabla 2:	Escala para la evaluación del tizón de la papa (<i>P. infestans</i>) en el campo.	45
Tabla 3:	Estrategia de PROINPA para el control químico del tizón en cultivares susceptibles con ajustes para las condiciones de Mayobamba.	49
Tabla 4:	Aislamientos del Ensayo 1 seleccionados para la Prueba de sensibilidad al metalaxil.	54
Tabla 5:	Aislamientos del Ensayo 2 seleccionados para la Prueba de sensibilidad al metalaxil.	57
Tabla 6:	Medias diarias de las variables atmosféricas en la estación de cultivo Mayobamba, Huánuco 2001.	62
Tabla 7:	Rendimiento por categorías de tubérculos expresados en t/ha y en %. Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001.	72
Tabla 8:	Comparación de medias (Tukey $P = 0.05$) para número de esporangios por cm^2 entre los tratamientos	73
Tabla 9:	Número de esporangios por lesión (1.5 cm^2) y por cm^2 en los diferentes ensayos y tratamientos. Datos originales y número de esporangios por cm^2 transformados a \log_{10} .	73
Tabla 10:	Crecimiento radial promedio (mm) de la colonia de aislamientos de <i>P. infestans</i> según la prueba de sensibilidad al metalaxil-r. Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001.	76
Tabla 11:	Crecimiento radial promedio (mm) de la colonia de aislamientos	77

de *P. infestans* según la prueba de sensibilidad al metalaxil-M. Colección de Mayobamba, Huánuco (2003).

- | | | |
|-----------|--|----|
| Tabla 12: | Análisis económico parcial (US dólares/ha) de la validación de estrategias para la integración de resistencia y control químico de la ranca de la papa considerando el rendimiento total. Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001. | 79 |
| Tabla 13: | Rendimiento por categorías de tubérculos (t/ha y %) en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay bajo 10 tratamientos para el control químico de la ranca. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. | 85 |
| Tabla 14: | Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para número de esporangios por cm ² entre tercios del tratamiento Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. | 88 |
| Tabla 15: | Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para número de esporangios por cm ² entre tercios del tratamiento Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. | 88 |
| Tabla 16: | Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para número de esporangios por cm ² entre tercios: superior, medio e inferior de los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9) y Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. | 88 |
| Tabla 17: | Crecimiento radial promedio (mm) de la colonia de aislamientos de <i>P. infestans</i> según la prueba de sensibilidad al metalaxil. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. | 89 |
| Tabla 18: | Prueba de Duncan de la tasa de crecimiento lineal de la lesión (TCL) en mm/día, por tercios de la planta en el tratamiento A. Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9). Ensayo-2, Mayobamba, Huánuco 2001. | 90 |
| Tabla 19: | Area de lesión en mm ² por tercios de la planta a los 0, 2 y 4 días en el tratamiento A. Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9) calculado por el programa ASSESS. Ensayo-2, Mayobamba, 2001. | 90 |

- Tabla20: Prueba de Duncan de la tasa de crecimiento de la lesión en porcentaje de área foliar afectado por tercios de la planta en el tratamiento A. Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9). Porcentaje de Area Foliar Afectado calculado por el Método de la pesada. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. 92
- Tabla21: Porcentaje de Área Foliar Afectado por tercios de la planta a los 0, 2 y 4 días en el tratamiento A. Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9) calculado por el método de la pesada. Ensayo-2, Mayobamba, Huánuco 2001. 92
- Tabla22: Análisis económico parcial (US dólares/ha) de programas calendario y estrategia de control químico de la ranca de la papa en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay, considerando el rendimiento total. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. 95
- Tabla23: Rendimiento por categorías de tubérculos (t/ha y %) en el cultivar resistente Amarilis bajo 9 tratamientos para el control químico de la ranca. Ensayo 3, Mayobamba, Huánuco 2001. 102
- Tabla24: Comparación de medias (Tukey $P= 0.05$) para número de esporangios por cm^2 entre tercios del tratamiento Amarilis testigo absoluto (T9). Ensayo 3, Mayobamba, Huánuco 2001. 103
- Tabla25: Comparación de medias (Tukey $P= 0.05$) para número de esporangios por cm^2 entre tercios: superior, medio e inferior de los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10) del Ensayo 2 y Amarilis testigo absoluto (T9) del Ensayo 3. Mayobamba, Huánuco 2001. 103
- Tabla26: Análisis económico parcial (US dólares/ha) de Programas calendario y estrategia para la integración de resistencia y control químico de la ranca en el cultivar Amarilis, considerando el rendimiento total. Ensayo 3, Huánuco 2001. 104

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1: Evaluación del crecimiento de la lesión a las 0, 48 y 96 horas en el cultivar Amarilla Tumbay, Tratamiento 9 (Testigo con 3 aplicaciones). Izquierda: Tercio medio. Derecha: Tercio inferior. Ensayo 2, Mayobamba, Huanuco 2001. 59
- Figura 2: Variables atmosféricas registradas durante el ciclo de cultivo de la papa. Ensayos 1, 2 y 3 Mayobamba, Huánuco 2001. 63
- Figura 3: Avance de la epidemia en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay y en los cultivares resistentes bajo las estrategias de PROINPA para el control químico de la ranca. Ensayo-1, Mayobamba, Huánuco 2001. 65
- Figura 4: AUDPC bajo 12 tratamientos para el control químico de la ranca. Los valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($P=0.05$). Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001. 68
- Figura 5: Rendimiento total (t/ha) en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay y en los cultivares resistentes bajo las estrategias de PROINPA para el control químico de la ranca. Los valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($P = 0.05$). Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001. 68
- Figura 6: Rendimiento de categoría primera (t/ha) en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay y en los cultivares resistentes bajo las estrategias de PROINPA para el control químico de la ranca. Los valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($P = 0.05$). Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001. 69

- Figura 7: A y B prueba de sensibilidad al metalaxil de aislamientos de *P. infestans* colección de Mayobamba. Obsérvese el crecimiento miceliar en el control (sin metalaxil) como en las concentraciones de 5 y 100 ppm. Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001. 78
- Figura 8: Avance de la epidemia en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay bajo 10 tratamientos de control químico de la ranca. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco, 2001. 82
- Figura 9: AUDPC en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay bajo 10 tratamientos para el control químico de la ranca. Los valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($P = 0.05$). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. 83
- Figura 10: Rendimiento total (t/ha) en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay bajo 10 tratamientos de control químico de la ranca. Los valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($P=0.05$). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. 83
- Figura 11: Rendimiento de categoría primera (t/ha) en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay bajo 10 tratamientos de control químico de la ranca. Los valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($P=0.05$). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. 84
- Figura 12: A, B y C. Representación gráfica de la recta de regresión entre el tiempo (días) y el crecimiento de la lesión. Método ASSESS. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. 91
- Figura 13: A, B y C. Representación gráfica de la recta de regresión entre el tiempo (días) y el crecimiento de la lesión. Método de la pesada. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. 93
- Figura 14: Avance de la epidemia en el cultivar resistente Amarilis bajo 9 tratamientos de control químico de la ranca. Ensayo 3, Mayobamba, Huánuco 2001. 97
- Figura 15: AUDPC en el cultivar resistente Amarilis bajo 9 tratamientos para el control químico de la ranca. Los valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($P = 0.05$). Ensayo 3, 98

Huánuco 2001.

Figura 16: Rendimiento total (t/ha) en el cultivar resistente Amarilis bajo 9 98
tratamientos de control químico de la ranca. Ensayo 3,
Mayobamba, Huánuco 2001

Figura 17: Rendimiento de categoría primera (t/ha) en el cultivar resistente 99
Amarilis bajo 9 tratamientos de control químico de la ranca. Los
valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes de
acuerdo a la Prueba de Duncan para la comparación múltiples de
medias ($P=0.05$). Ensayo 3, Huánuco 2001.

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1:	Escala para clasificación de tubérculos por categorías (Trujillo 1998).	119
Anexo 2:	Croquis del Campo Experimental. Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001.	120
Anexo 3:	Detalle de una unidad experimental. Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001	121
Anexo 4:	Inicio y frecuencia de aplicaciones y su relación con las variables atmosféricas. Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001	122
Anexo 5:	Medio V-8 al 10% no clarificado.	123
Anexo 6:	Medio Centeno B.	124
Anexo 7:	Medio Centeno A.	124
Anexo 8:	Croquis del Campo Experimental. Ensayo2, Mayobamba, Huánuco 2001	125
Anexo 9:	Detalle de una unidad experimental para los ensayos 2 y 3. Mayobamba, Huánuco 2001.	126
Anexo 10:	Inicio y frecuencia de aplicaciones y su relación con las variables atmosféricas. Ensayo-2, Mayobamba, Huánuco 2001.	127
Anexo 11.	Variables atmosféricas durante el muestreo para análisis de crecimiento de la lesión en el tratamiento Amarilla Tumbay testigo	128

con 3 aplicaciones (T9). Ensayo-2, Mayobamba, Huánuco-2001

- Anexo 12: Croquis del Campo Experimental. Ensayo 3, Mayobamba, 128 Huánuco- 2001.
- Anexo 13: Inicio y frecuencia de aplicaciones y su relación con las variables 129 atmosféricas. Ensayo-3, Mayobamba, Huánuco 2001.
- Anexo 14: Análisis de variancia para el rendimiento de categoría primera 130 (t/ha). Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001.
- Anexo 15: Prueba de Duncan para el rendimiento de categoría primera (t/ha). 130 Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001.
- Anexo 16: Análisis de variancia para número de esporangios por cm^2 entre 130 los tratamientos: Clon negro testigo absoluto (T6) y Canchán testigo con 6 aplicaciones (T10). Tercio superior. Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001.
- Anexo 17: Comparación de medias (Tukey $P=0.05$) para número de 131 esporangios por cm^2 entre los tratamientos: Clon negro testigo absoluto (T6) y Canchán testigo con 6 aplicaciones (T10). Tercio superior. Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001.
- Anexo 18: Datos referentes al muestreo en los tres ensayos para 131 cuantificación del número de esporangios. Mayobamba, Huánuco 2001.
- Anexo 19: Análisis de variancia para el rendimiento de categoría primera 132 (t/ha) en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.
- Anexo 20: Prueba de Duncan para el rendimiento de categoría primera (t/ha) 132 en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

- Anexo 21: Análisis de variancia para número de esporangios por cm² entre tercios del tratamiento Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. 132
- Anexo 22: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para número de esporangios por cm² entre tercios del tratamiento Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. 132
- Anexo 23: Análisis de variancia para número de esporangios por cm² entre tercios del tratamiento Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. 133
- Anexo 24: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para número de esporangios por cm² entre tercios del tratamiento Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. 133
- Anexo 25: Análisis de variancia para número de esporangios por cm² entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9) y Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Tercio superior. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. 133
- Anexo 26: Comparación de medias (Tukey P=0.05) para número de esporangios por cm² entre los tratamientos: Clon negro testigo absoluto (T6) y Canchán testigo con 6 aplicaciones (T10). Tercio superior. Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001. 133
- Anexo 27: Análisis de variancia para número de esporangios por cm² entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9) y Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Tercio medio. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. 134
- Anexo 28: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para número de esporangios por cm² entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9) y Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Tercio medio. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. 134
- Anexo 29: Análisis de variancia para número de esporangios por cm² entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9) y Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Tercio inferior. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. 134

- Anexo 30: Comparación de medias (Tukey $P = 0.05$) para número de esporangios por cm^2 entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9) y Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Tercio inferior. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. 134
- Anexo 31: Análisis de variancia de la tasa de crecimiento lineal (TCL) de la lesión por tercios de la planta. Area de la lesión en mm^2 calculado por el programa ASSESS. Ensayo-2, Mayobamba, Huánuco 2001. 134
- Anexo 32: Determinación del área foliar infectado (mm^2) mediante el Programa ASSESS y tasa de crecimiento lineal de la lesión. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. 135
- Anexo 33: Análisis de variancia de la tasa de crecimiento de la lesión por tercios de la planta. Porcentaje de Area Foliar Afectado calculado por el Método de la Pesada. Ensayo-2, Mayobamba, Huánuco 2001. 136
- Anexo 34: Determinación del porcentaje de área foliar infectado por el método de la pesada y tasa de crecimiento de la lesión. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001. 136
- Anexo 35: Análisis de variancia para el rendimiento de categoría primera (t/ha) en el cultivar Amarilis. Ensayo 3, Mayobamba, Huánuco 2001. 138
- Anexo 36: Prueba de Duncan para el rendimiento de categoría primera (t/ha) en el cultivar Amarilis. Ensayo 3, Mayobamba, Huánuco 2001. 138
- Anexo 37: Análisis de variancia para número de esporangios por cm^2 entre tercios del tratamiento Amarilis testigo absoluto (T9). Ensayo 3, Mayobamba, Huánuco 2001. 138
- Anexo 38: Comparación de medias (Tukey $P= 0.05$) para número de esporangios por cm^2 entre tercios del tratamiento Amarilis testigo absoluto (T9). Ensayo 3, Mayobamba, Huánuco 2001. 138
- Anexo 39: Análisis de variancia para número de esporangios por cm^2 entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10) del Ensayo 2 y Amarilis testigo absoluto (T9) del Ensayo 3. Tercio superior. Mayobamba, Huánuco 2001. 139

- Anexo 40: Comparación de medias (Tukey $P= 0.05$) para número de 139 esporangios por cm^2 entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10) del Ensayo 2 y Amarilis testigo absoluto (T9) del Ensayo 3. Tercio superior. Mayobamba, Huánuco 2001.
- Anexo 41: Comparación de medias (Tukey $P= 0.05$) para número de 139 esporangios por cm^2 entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10) del Ensayo 2 y Amarilis testigo absoluto (T9) del Ensayo 3. Tercio superior. Mayobamba, Huánuco 2001.
- Anexo 42: Comparación de medias (Tukey $P = 0.05$) para número de 139 esporangios por cm^2 entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10) del Ensayo 2 y Amarilis testigo absoluto (T9) del Ensayo 3. Tercio medio. Mayobamba, Huánuco 2001.
- Anexo 43: Análisis de variancia para número de esporangios por cm^2 entre 140 los tratamientos: AmarillaTumbay testigo absoluto (T10) del Ensayo 2 y Amarilis testigo absoluto (T9) del Ensayo 3. Tercio inferior. Mayobamba, Huánuco 2001.
- Anexo 44: Comparación de medias (Tukey $P= 0.05$) para número de 140 esporangios por cm^2 entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10) del Ensayo 2 y Amarilis testigo absoluto (T9) del Ensayo 3. Tercio inferior. Mayobamba, Huánuco 2001.
- Anexo 45: Costo parcial por tratamiento en la validación de estrategias para la 141 integración de resistencia y control químico de la ranca de la papa. Ensayo 1, Huánuco 2001.
- Anexo 46: Beneficio Bruto por tratamiento en la validación de estrategias 142 para la integración de resistencia y control químico de la ranca de la papa considerando el rendimiento total. Ensayo1, Huánuco 2001.
- Anexo 47: Costo Parcial por tratamiento en Programas calendario y estrategia 143 de control químico de la ranca de la papa en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay. Ensayo 2, Huánuco 2001.
- Anexo 48: Beneficio Bruto por tratamiento en Programas calendario y 144 estrategia de control químico de la ranca de la papa en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay, considerando el rendimiento total. Ensayo 2, Huánuco 2001.

Anexo 49: Costo Parcial por tratamiento en Programas calendario y estrategia 145
para la integración de resistencia y control químico de la ranca en
el cultivar Amarilis. Ensayo 3, Huánuco 2001.

Anexo 50: Beneficio Bruto por tratamiento en Programas calendario y 146
estrategia para la integración de resistencia y control químico de la
ranca en el cultivar Amarilis, considerando el rendimiento total.
Ensayo 3, Huánuco 2001.

I. INTRODUCCIÓN

La rancha, o tizón tardío causada por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, es una de las enfermedades más importantes que afectan al cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) a nivel mundial. En varias oportunidades la enfermedad ha alcanzado mayores proporciones y efectos desastrosos, siendo la más documentada la hambruna que ocasionó en Irlanda en 1845. No obstante la gran cantidad de conocimientos existentes sobre la enfermedad, el tizón continúa siendo uno de los principales factores limitantes de la producción de papa en el mundo, obligando a los agricultores al uso de grandes cantidades de fungicidas para su control (Henfling 1987, Fernández-Northcote *et al.* 1999).

Siendo una enfermedad tan importante al presente, podría ser dramáticamente más importante en los próximos 20 a 30 años cuando la producción de alimentos deberá duplicarse debido al incremento de la población humana, 90% de lo cual se espera suceda en los países en vías de desarrollo.

En el departamento de Huánuco la papa es el cultivo más importante no sólo porque presenta la mayor superficie cultivada, hasta el año 2002 involucraba a más de 45000 familias (CIP 2002), sino también porque constituye la base de la dieta alimenticia del poblador rural; además porque en muchos lugares del departamento su cultivo y producción representa la única fuente de ingresos económicos de la mayoría de pequeños y medianos agricultores.

El departamento de Huánuco destaca por ser uno de los principales centros productores de papa a nivel nacional. Según la Dirección General de Información Agraria del Ministerio de Agricultura, durante la campaña agrícola de agosto 2003-junio 2004, la superficie sembrada de papa en la región Huánuco fue de 32242 ha con un rendimiento de 13 t/ha. La misma fuente, señala que en el período 1992-2001 el departamento de Huánuco fue el principal productor de papa, contribuyendo con el

11,7% de la producción nacional, seguido por los departamentos de Junín con 11,5% y Puno con 11,4% entre los más importantes (Ministerio de Agricultura del Perú 2006). Al presente Huánuco no sólo abastece de papa para el consumo local sino también constituye el principal abastecedor de papa amarilla al Mercado Mayorista de Lima (91,36%) (Ministerio de Agricultura 2003) y a los mercados de otros departamentos vecinos del nor-orienté peruano como Ucayali, San Martín y Loreto. Por otro lado, Huánuco también satisface las necesidades de semilla a nivel local y otras zonas como la costa central.

Aproximadamente el 60% del área sembrada corresponde a las papas mejoradas, de las cuales el cultivar Canchán es el más importante con un 80% de dicha área. Después de Canchán, Amarilis es el cultivar más difundido en el departamento de Huánuco. El 40% restante lo ocupan los cultivares nativos siendo el cultivar Amarilla Tumbay el más importante.

En los últimos años las áreas de producción del cultivar Amarilla Tumbay se ha incrementado notoriamente debido a la creciente demanda y a los mejores precios que los agricultores consiguen en el mercado en relación a la papa blanca. Sin embargo, Amarilla Tumbay al igual que la gran mayoría de los cultivares de papa amarilla y otros cultivares nativos de papa que se cultivan en el departamento, son susceptibles a la racha.

Por otra parte cultivares mejorados que han logrado gran difusión a nivel nacional, liberados como resistentes, en la actualidad se comportan como susceptibles en el departamento de Huánuco (por ejemplo Canchán) debido a la falta de una estrategia y preparación del agricultor para el manejo de la racha en estos cultivares. Encuestas realizadas a agricultores de la zona indican que el cultivar Amarilis liberado como resistente a racha en 1993, muestra en la actualidad una reducción considerable en su resistencia, recibiendo un número similar de aplicaciones de fungicidas que cultivares susceptibles como Amarilla Tumbay. Para estos cultivares mejorados de papa blanca también se ha abierto un gran potencial de exportación al Brasil, para lo cual su productividad tanto a nivel nacional como internacional deberá ser competitiva.

De las 30562 ha de superficie cultivada con papa en el departamento de Huánuco, 325 ha muestran un nivel de incidencia de rancho muy baja (ocasional), 12465 ha una incidencia baja (requiere 2 a 4 aplicaciones), 12838 ha una incidencia alta (6 a 8 aplicaciones) y 4934 ha incidencia muy alta (requiere más de 10 aplicaciones) (Egúsqüiza y Apaza 2002).

La presencia de la enfermedad es evidente en todos los lugares donde se cultiva papa. Las pérdidas varían con la época de siembra, el cultivar y el grado de severidad de la epidemia. En muchos casos las pérdidas pueden llegar al 100% especialmente cuando las siembras se realizan en la época lluviosa, siendo común observar campos abandonados donde el agricultor no pudo controlar la enfermedad.

Esta situación ha llevado a los agricultores al uso masivo e indiscriminado de fungicidas en su afán de lograr una producción aceptable. Una práctica generalizada por parte de los agricultores de la zona es la aplicación de mezclas de fungicidas utilizando sobredosis o dosis más bajas que las recomendadas comercialmente, utilizando uno o más productos sistémicos a lo largo del ciclo vegetativo del cultivo y, siguiendo un rol calendario de aplicaciones cada 3 a 5 días (en la época más favorable para la rancho) lo cual conlleva a un alto número de aplicaciones por campaña (15-20), altas cantidades de producto utilizado, mayores costos, mayor exposición del agricultor a los fungicidas, mayor contaminación del medio ambiente, mayor presión de selección de variantes resistentes a los fungicidas y menores utilidades.

Aún así las aplicaciones de fungicidas que realizan no siempre son exitosas para una gran mayoría de agricultores resultando en una baja productividad del cultivo debido a que el programa de aplicaciones que practican incluso los agricultores más progresistas (> 2 ha) es inapropiado en calidad, cantidad y oportunidad que va en perjuicio de su economía, salud y medio ambiente. Muchos agricultores tratan de evadir la enfermedad manejando épocas de siembra, pero una gran limitante es la disponibilidad de agua de riego.

Desde 1992, la Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA), desarrolló en Bolivia estrategias para el control químico del tizón en cultivares susceptibles así como para su integración con cultivares resistentes. Se ha

confirmado, que éstas son efectivas, eficientes y económicas, permiten hacer un uso racional de los fungicidas y proteger la salud del agricultor y del medio ambiente (Fernández-Northcote y Navia 1995, Fernández-Northcote *et al.* 1999, Navia *et al.* 1996, Navia y Fernández-Northcote 1996^a, Navia y Fernández-Northcote 1996b, Navia *et al.* 2001).

Usando las estrategias de PROINPA, los agricultores en Bolivia utilizan cultivares susceptibles, pero localmente muy valiosos, en áreas y épocas regularmente y severamente afectadas por el tizón. Así como también, utilizan nuevamente cultivares cuya resistencia se consideraban perdida. El análisis económico de la estrategia en Bolivia ha mostrado que es altamente rentable (Thiele *et al.* 1998).

Por lo expuesto anteriormente, se consideró de mucha importancia y necesidad la validación de las estrategias propuestas por PROINPA para el control químico de la ranca en cultivares susceptibles y resistentes, que reemplacen a las actuales prácticas inapropiadas de los agricultores en el departamento de Huánuco, y se asegure un incremento sostenible y competitivo de la productividad. Los objetivos del presente trabajo fueron:

- Validar las estrategias de PROINPA para el control químico de la ranca en cultivares susceptibles y resistentes de papa, bajo las condiciones agroecológicas de Mayobamba – Huánuco (Ensayo 1).
- Evaluar la efectividad y eficiencia de las estrategias propuestas por PROINPA (Ensayo 1).
- Evaluar *in-vitro*, el comportamiento de la población de *P. infestans* de Mayobamba frente al metalaxil (Ensayos 1 y 2).
- Determinar el comportamiento de los productos utilizados y comparar la efectividad y eficiencia de la estrategia propuesta por PROINPA con Programas calendario de aplicaciones en un cultivar susceptible (Ensayo 2).
- Determinar el comportamiento de los productos utilizados y comparar la efectividad y eficiencia de la estrategia propuesta por PROINPA con Programas calendario de aplicaciones en un cultivar resistente (Ensayo 3).
- Cuantificar la severidad de la ranca y su efecto en el desarrollo del follaje y rendimiento (Ensayos 1, 2 y 3).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 IMPORTANCIA DEL TIZÓN TARDÍO

El tizón tardío o rancho, causado por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, una de las enfermedades más devastadoras de la papa a nivel mundial. En 1845 causó en Irlanda la destrucción total de los campos de papa, que era la principal fuente alimenticia de ese país, produciendo la muerte de miles de personas y la migración de muchos sobrevivientes a otros lugares de Europa y Norte América (Pérez y Forbes 2008). Enfermedad de carácter destructivo donde quiera que se siembre papa sin aplicación de fungicidas, excepto en áreas cálidas, secas y bajo riego (Hooker 1980).

La migración de poblaciones del patógeno, caracterizadas por ser más agresivas y resistentes a fungicidas sistémicos, está causando pérdidas económicas significativas en la producción de papa, sobre todo cuando se utilizan variedades susceptibles a la enfermedad. Estudios realizados en el Centro Internacional de la Papa indican que en los países en desarrollo, los agricultores invierten anualmente alrededor de 740 millones de dólares en tratar de controlarla químicamente, estimándose que aproximadamente 2750 millones de dólares se pierden como consecuencia de esta enfermedad. De acuerdo a algunos análisis realizados, cada 20% de incremento en la severidad del tizón tardío reduce la producción entre 1 t/ha (en Perú) a 4 t/ha (en Ecuador), estimado conservador con relación a otros datos reportados para el Perú y Bolivia, en que se mencionan pérdidas de 6,0 y 6,5 t/ha, respectivamente. Para el caso de Perú se calculó una pérdida monetaria entre 7 y 25 millones de dólares, considerando sólo un 20% del área cultivada con papa que podría ser afectada por el tizón tardío; mientras que para Bolivia se calculó entre 5 y 20 millones de dólares, considerando los precios de la papa en el año 1998 (Pérez 2001).

En los estados miembros de la Unión Europea, cada año se utilizan aproximadamente 13000 toneladas de ingrediente activo para controlar el tizón de la

papa, a un costo total aproximado de 140 millones de ECU (Unidad Monetaria Europea o Euros). Dependiendo de la presión de la enfermedad se realizan de 4 a 15 aplicaciones por época de cultivo. Cuando las aplicaciones no son correctamente programadas durante los períodos de riesgo (algunas veces es necesario intervalos menores de 5 días), la enfermedad puede establecerse en el cultivo y puede producirse la infección de los tubérculos. Con un tratamiento programado demasiado tarde, los efectos de todos los otros tratamientos realizados pueden ser anulados (Schepers 2001).

Zúñiga, citada por Raymundo (1998), reporta que en el Perú, de la superficie total de 229 mil ha, 160 mil ha son afectadas por esta enfermedad. Las áreas que presentan alta severidad de la enfermedad están ubicadas entre los 1500 y 3000 msnm en donde se realizan de 6 a 15 aplicaciones de fungicidas por campaña, representando un costo estimado entre el 10 y 30% del costo de producción. Las áreas que presentan una severidad media, están ubicadas entre los 3000 y 3500 msnm con más de dos aplicaciones por campaña.

2.2 SINTOMATOLOGÍA DEL TIZÓN TARDÍO

Los síntomas iniciales en las hojas son pequeñas manchas de color verde claro a verde oscuro, de forma irregular, de aspecto humedecido. Si las condiciones ambientales son favorables, las lesiones progresan, se tornan necróticas adquiriendo un color castaño a negro. Eventualmente, estas lesiones pueden abarcar toda la superficie del foliolo y avanzar por los peciolo hacia el tallo. Frecuentemente tallos infectados se rompen a la altura de la zona infectada, cuando ésta cubre todo el diámetro. En los foliolos de algunos cultivares es posible observar un halo de color verde claro alrededor de la necrosis. Bajo condiciones adecuadas de humedad, en el borde de las lesiones se forma un mildiú veloso formado por esporangios y esporangióforos que aparecen principalmente en el envés de los foliolos infectados (Thurston y Schultz 1981).

En los tubérculos los síntomas externos son áreas ligeramente hundidas y de apariencia húmeda. Debajo de esta área, se observa una pudrición seca de color café claro que avanza a distintas profundidades. Estos síntomas pueden ser observados en la cosecha, aunque es más común encontrarlos luego de algunas semanas de almacenamiento. Algunos tubérculos pueden ocasionalmente mostrar el signo de la

enfermedad en su superficie. Es común que los tubérculos infectados desarrollen pudriciones secundarias que dificultan la diagnosis (Dowley y O'Sullivan 1995).

2.3 *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary

2.3.1 Taxonomía, Características Estructurales

Según Hawksworth *et al.* (1995), *Phytophthora infestans* presenta la siguiente ubicación taxonómica:

Reino	: Chromista
División	: Oomycota
Clase	: Oomycetes
Orden	: Peronosporales
Familia	: Pythiaceae
Género	: Phytophthora
Especie	: <i>Phytophthora infestans</i>

Los Oomycetes tienen características propias que no comparten con los hongos verdaderos. La mayor parte del ciclo de vida de los Oomycetes es diploide, mientras que en los hongos la mayor parte del ciclo es haploide. Sus paredes celulares están constituidas por celulosa y β -glucanos y no de quitina, principal componente de las paredes de los hongos verdaderos. Además, no sintetizan esteroides pero los requieren de una fuente externa para la esporulación (Zentmeyer 1983; Erwin y Ribeiro 1996, Pérez y Forbes 2008). Análisis filogenéticos de ADN ribosómico señalan que los Oomycetes se encuentran más relacionados con las algas que con los hongos (Judelson 1996).

P. infestans tiene micelio cenocítico, con ninguna o pocas septas; sus esporangios son hialinos, ovoides, elipsoidales a limoniformes, ahusados en el ápice, caducos, con un pedicelo menor de 3 mm, y semipapilados. Su tamaño varía de 36 x 22 μ m a 29 x 19 μ m. Los esporangióforos son de crecimiento simpodial, continuo, con un pequeño hinchamiento justo debajo del esporangio. Los esporangios pueden germinar directamente bajo ciertas condiciones produciendo un tubo germinativo que usualmente emerge del extremo del esporangio. En agua libre y a bajas temperaturas, los esporangios germinan indirectamente produciendo zoosporas reniformes, uninucleadas, biflageladas, uno largo en forma de "látigo" y el otro más pequeño tipo "plumoso" con

dos filas laterales de pelos. Las zoosporas son liberadas por rompimiento del esporangio, luego de nadar durante algunas horas, se enquistan, tomando una forma redondeada, forman una pared celular y los quistes germinan produciendo tubos germinativos (Erwin y Ribeiro 1996, Pérez y Forbes 2008). Como resultado de la reproducción sexual *P. infestans* produce oosporas. El anteridio es anfígeno y el oogonio mide en promedio 38 μm de diámetro. Cada uno proviene de un talo diferente (A1 o A2). Las oosporas son apeleróticas con un diámetro promedio de 30 μm . La oospora germina en forma directa y en el extremo del tubo germinativo se forma un esporangio que puede germinar directamente o producir zoosporas (Thurston y Schultz 1981, Erwin y Ribeiro 1996, Pérez y Forbes 2008).

2.3.2 Ciclo de vida de *P. infestans*

La reproducción de *P. infestans* ocurre tanto de manera asexual o vegetativa como sexual o generativa (Henfling 1987).

a. Ciclo asexual

Entre tres y diez días después de la infección, según las condiciones ambientales, los esporangióforos emergen a través de los estomas en la superficie de las hojas. Los zoosporangios también llamados esporangios o conidias se forman a partir de las puntas de estos esporangióforos (Henfling 1987), o del tubo germinativo de la oospora (Legard *et al.* 1995).

El ciclo asexual del patógeno se presenta donde sólo hay un tipo de apareamiento. El zoosporangio es la unidad de reproducción asexual, el cual puede ser producido en abundancia en muchos huéspedes. El rango óptimo de temperatura para el desarrollo del patógeno está entre 18-22°C. Los esporangios germinan directamente vía un tubo germinativo a 21-28°C, pero bajo 18°C cada esporangio produce de 6 a 8 zoosporas. Cada zoospora es capaz de iniciar una lesión y una lesión puede producir hasta 300000 esporangios por día (Legard *et al.* 1995), lo cual explica porque la enfermedad es más severa en condiciones frías y húmedas. En consecuencia, el corto tiempo entre generaciones produce epidemias explosivas (Fry *et al.* 1993).

Henfling (1987) refiere que, cuando están maduros, los zoosporangios se desprenden fácilmente y son diseminados por el viento. La mayoría de las esporas caen

a los pocos metros; sin embargo, pueden llegar a recorrer distancias de más de 30 Km. En cierto grado, los zoosporangios germinan directamente a temperaturas por encima de 20°C, siendo la óptima 24°C. En este caso un zoosporangio se comporta como una simple espora, forma un tubo germinativo que puede penetrar en el tejido de la planta. Los zoosporangios germinan indirectamente a temperaturas de 12 a 16°C; cada zoosporangio produce de 10 a 20 zoosporas que permanecen móviles durante un tiempo que varía de algunos minutos a varias horas. Bajo ciertas condiciones, pierden sus flagelos, forman una pared celular y, a continuación, un tubo germinativo. En hojas y tallos, los tubos germinativos pueden penetrar directamente en la epidermis de la planta; en los tubérculos penetran a través de lenticelas o de heridas.

Pérez y Forbes (2008) señalan que cuando la temperatura es mayor a 15°C, los esporangios pueden germinar directamente, formando un tubo germinativo que penetra la epidermis de la hoja e infecta al hospedante.

La sobrevivencia de *P. infestans* de estación a estación ocurre por el continuo establecimiento de sembríos de papa en toda la sierra, lo cual incrementa los niveles de inóculo. Además, el patógeno se mantiene en tubérculos no cosechados, plantas voluntarias, o montículos de tubérculos descartados y en campos que alternan anualmente sólo cultivos de papa. Esta sobrevivencia se puede dar también en hospederos alternantes como: tomate, berenjena y otra maleza reportada en Estados Unidos, *Solanum sarrachoides* (Vartanian y Endo 1985).

b. Ciclo sexual

Phytophthora infestans es heterotálico, puesto que los gametangios se forman en dos hifas separadas (Pérez y Forbes 2008). Cuando los micelios de diferentes tipos del pseudo hongo llamados tipos de apareamiento A1 y A2 crecen juntos, uno de ellos puede formar estructuras femeninas (oogonio) y el otro estructuras masculinas (anteridio) (Henfling 1987, Smart *et al.* 2000, Brasier 1992, citado por Raymundo, 2004).

La reproducción sexual requiere de la participación de los dos tipos de apareamiento A1 y A2. La unión de los gametos ocurre cuando el oogonio atraviesa el anteridio y ocurre la plasmogamia. El oogonio fertilizado se convierte en una oospora o

“espora de descanso”, de paredes gruesas que le permite sobrevivir en condiciones adversas tales como períodos secos, bajas temperaturas, ausencia de hospedantes (Henfling 1987, Smart *et al.* 2000) y puede permanecer en el suelo en estado latente hasta por 10 años (Andrivon 1995).

Bajo condiciones favorables, la oospora germina formando un tubo germinativo que produce un esporangio apical, el cual puede germinar en forma directa o liberar zoosporas que sirven como inóculo primario. La reproducción sexual implica el incremento del nivel de inóculo en el suelo y la diversidad del patógeno (Henfling 1987, Goodwin y Drenth 1997, Pérez y Forbes 2008).

2.4 CICLO DEL TIZÓN TARDÍO

El ciclo de la enfermedad refleja el ciclo de vida del patógeno en el hospedante. Las distintas etapas de este ciclo son la infección de hojas, crecimiento de lesión, esporulación, dispersión de los esporangios y supervivencia del patógeno (Harrison 1995).

En los países donde no existen los dos tipos de compatibilidad sexual (A1 y A2) y en los que la diferencia de estaciones es marcada, la invernación del patógeno ocurre en forma de micelio en tubérculos de plantas voluntarias, tubérculos semilla o tubérculos desechados cerca a campos de cultivo (Thurston y Schultz 1981). Los esporangios también pueden sobrevivir varios días e incluso semanas en suelo húmedo (Andrivon 1995), sin embargo, no sobreviven a la congelación. Los esporangios producidos en las lesiones de los brotes desarrollados a partir de tubérculos infectados constituyen el inóculo inicial y son dispersados por el viento o salpicaduras a las plantas vecinas (Fry y Mizubuti 1998). En las áreas tropicales donde se cultiva papa durante todo el año, la invernación del patógeno no tiene importancia (Thurston y Schultz 1981) porque el inóculo es constante debido a la presencia de campos vecinos infectados, plantas voluntarias y otros hospedantes que mantienen reservorios del patógeno (Andrade *et al.* 1999, Forbes *et al.* 1999).

El movimiento de tubérculos infectados asegura el transporte del patógeno a largas distancias. Muchos tubérculos infectados mueren antes de producir plantas y en aquellos que se mantienen viables, las plantas producidas pueden no estar infectadas. Sin

embargo, debido al corto período de latencia y a la gran producción de esporangios, la epidemia se desarrolla a partir de niveles muy bajos de inóculo inicial (Van der Zaag citado por Fry y Mizubuti 1998).

Los esporangios de *P. infestans* no soportan el transporte aéreo a grandes distancias bajo condiciones secas y soleadas. Sin embargo, el transporte a cortas distancias puede ser importante, especialmente en condiciones húmedas y nubladas. La mayoría de esporangios es depositado a unos pocos metros de la fuente de inóculo, sin embargo, algunos pueden ser transportados hasta 11 km (Van der Zaag citado por Fry y Mizubuti 1998). Los esporangios son producidos durante noches húmedas y en la mañana son dispersados hacia hojas que son infectadas cuando son humedecidas (Hirst citado por Fry y Mizubuti 1998).

El tubo germinativo de los esporangios o de las zoosporas penetra principalmente por las células adyacentes a las células oclusivas por las estomas (Wilson y Coffey 1980). Previo a la penetración, se forma un apresorio el cual se llena de citoplasma que migra del quiste. Todo el proceso de formación de zoosporas, enquistamiento, germinación del quiste y formación de apresorio, bajo condiciones ideales de humedad y temperatura, puede tomar menos de dos horas (Pristou y Gallegly 1954).

Una vez producida la infección primaria, la diseminación se realiza por medio de los esporangios que son transportados por el viento y por el agua. La esporulación en el follaje produce un ingente número de esporangios que infectan nuevas hojas y plantas. En el campo, los tubérculos que no están adecuadamente cubiertos pueden infectarse por los esporangios que caen de las hojas al ser lavados por la lluvia y servir como fuente de inóculo para la siguiente estación (Thurston y Schultz 1981, Henfling 1988, Harrison 1995).

La enfermedad se desarrolla y se propaga en forma más rápida a temperaturas bajas y en un alto grado de humedad. Bajo tales condiciones, en sólo tres días puede completarse un ciclo de la enfermedad. Las condiciones desfavorables para la enfermedad pueden prolongar o interrumpir temporalmente el ciclo (Henfling 1987).

2.5 FACTORES QUE AFECTAN A LA RANCHA Y AL CICLO ASEJUAL DE

P. infestans

La rancha o tizón tardío es el resultado de interacciones complejas entre varios factores, que pueden dividirse en medios ambientales, hospedante y patógeno.

2.5.1 Factores de Medio Ambiente

a. Temperatura

Probablemente, el principal factor que interviene en la mayoría de procesos de desarrollo de este patógeno. Previo a la infección, determina el tipo de germinación del esporangio. Henfling (1987) refiere que los zoosporangios germinan directamente a temperaturas por encima de 20°C con una óptima de 24°C, mientras que la germinación indirecta se produce a temperaturas entre 12 y 16°C.

Crosier (1934) determinó que la mayor velocidad de germinación indirecta de los esporangios, aproximadamente 70% en tres horas, se obtiene a 12°C, en tanto que, la mayor velocidad de germinación directa, aproximadamente 18% en 24 horas, se obtiene a 24°C. El período de motilidad de las zoosporas varía desde 24 horas a temperaturas cercanas a 0°C, hasta 15-20 minutos a temperaturas de 24 – 25°C. La temperatura más favorable para la germinación de las zoosporas es de 12 – 15°C y la mayor elongación del tubo germinativo se encuentra entre 21 – 24°C. La infección en estas condiciones ocurre 2 – 3 horas después de la inoculación.

Sato (1979) señala que la infección en tubérculos es favorecida por temperaturas moderadas y decrece notablemente a temperaturas mayores de 18°C.

La temperatura más favorable para el desarrollo del micelio y de esporangios es alrededor de 21°C, pero el patógeno se mantiene vivo en tejidos del hospedante entre 0 y 28°C (Henfling 1987).

El crecimiento de las lesiones en tallos es óptimo a temperaturas de 20 – 23°C (Crosier 1934), en tanto que en hojas, el área máximo de lesión se obtiene a 25°C (Mizubuti y Fry 1998), a esta temperatura, las lesiones se pueden observar a simple vista después de 2 – 3 días de la inoculación (Harrison 1995, Mizubuti y Fry 1998).

La mayor esporulación se observa a temperaturas de 18 – 22°C y aunque a 23 – 26°C se observa abundante micelio aéreo, la producción de esporangios es muy limitada. La temperatura mínima de crecimiento es 3°C y la máxima es 30°C (Crosier 1934).

Los esporangios disponibles para la dispersión mueren rápidamente en el aire a temperaturas de 25°C (Smith citado por Harrison 1995), sin embargo, la supervivencia a diferentes temperaturas depende de la humedad. Esporangios en condiciones de alta humedad, como la que encuentran debido a la transpiración de las hojas, sobreviven mejor las condiciones adversas (Rotem y Cohen 1974).

Una vez dentro de los tejidos de la planta, el patógeno es muy resistente a altas temperaturas. Crosier (1934) determinó que temperaturas de 25 – 35°C son desfavorables para el crecimiento de *P. infestans* en infecciones foliares. Sin embargo, si la infección es en el tallo, puede resistir temperaturas de 35°C y probablemente 40°C por algunas horas. Así, el patógeno permanece vivo para proveer de inóculo cuando las condiciones mejoren, aunque su capacidad de producción de esporangios puede disminuir (Kable y Mackenzie 1980). Las temperaturas bajas son menos importantes en la supervivencia de *P. infestans*, debido a que las temperaturas que matan al patógeno también destruyen a la planta (Harrison 1995).

b. Humedad

Junto con la temperatura son los principales factores que afectan decisivamente el desarrollo de *P. infestans*. Las zoosporas y esporangios germinan únicamente en agua libre. El efecto de la humedad relativa es determinar la tasa con que se seca la superficie vegetal (Harrison 1995). En la colonización del tejido del hospedante son importantes las humedades menores a 80%. Por debajo de este valor, el tejido vegetal se puede deshidratar reduciendo el suministro de agua al patógeno y ocasionando una disminución en su tasa de crecimiento (Harrison y Lowe 1989). El desarrollo del patógeno en la hoja es poco afectado por la humedad del ambiente. Sin embargo, los esporangios sólo se forman cuando la humedad relativa dentro del follaje es superior a 95% (Henfling 1987) o al menos 91% (Crosier 1934).

Los esporangios producidos en la noche, se considera que son liberados por la mañana debido a la disminución de la humedad (Rotem y Cohen 1974). La supervivencia de los esporangios en el aire es afectada por altas temperaturas y bajas humedades relativas. Los esporangios pierden su viabilidad en 1 – 3 horas a temperaturas mayores de 20°C en ambientes secos, y en 5 – 15 horas en ambientes húmedos (Crosier 1934).

c. Precipitación y rocío

Son indispensables para humedecer la superficie vegetal y permitir la infección, debido a que los esporangios y zoosporas germinan únicamente en agua libre. Se estima que se forma una película de agua cuando la humedad relativa está sobre 90% (Crosier 1934). Huber y Gillespie (1992) señalan que en el humedecimiento intervienen factores como la lluvia, niebla, escurrimiento de hojas superiores y la formación de rocío. El rocío se forma usualmente por la noche cuando la temperatura baja y la humedad se condensa sobre el tejido vegetal. Otro factor que interviene es la velocidad del aire (Collins y Taylor citados por Harrison 1995).

La supervivencia de los esporangios en el aire es afectada por altas temperaturas y bajas humedades relativas. Los esporangios pierden su viabilidad en 1 – 3 horas a temperaturas mayores de 20°C en ambientes secos, y en 5 - 15 horas en ambientes húmedos (Crosier 1934).

Ingentes cantidades de precipitación favorecen los procesos de infección dentro de cultivos densos debido a la lenta evaporación del agua desde el fondo del follaje (Hubert y Gillespie 1992). La precipitación y el viento son los principales factores que controlan la dispersión de *P. infestans*. La lluvia traslada los esporangios desde el follaje hacia o por efecto de las salpicaduras al follaje (Hubert y Gillespie 1992, Andrivon 1995).

d. Viento

El viento es uno de los principales factores que afecta la liberación y dispersión de esporangios de *P. infestans* desde el surco. Los esporangios producidos en la parte alta de las plantas son movilizados con vientos de 0.5 m/seg y los producidos en las partes bajas requieren vientos de 2.0 m/seg (Ishiguro y Fry 1994). Adicionalmente el viento afecta la infección y la esporulación al secar la humedad de la superficie de las hojas,

dependiendo de la cantidad de follaje y de la arquitectura de la planta. Así, en la parte inferior de los cultivos más densos, la velocidad del viento es menor y por lo tanto la humedad es mayor. El viento también varía con la topografía y con la presencia de árboles u otros obstáculos (Harrison 1995).

e. Radiación

El principal efecto de la radiación solar es la disminución de la viabilidad de los esporangios. Indirectamente produce un calentamiento de planta, suelo y aire que reduce la humedad relativa y aumenta la tasa de evaporación (Rotem *et al.* 1970). Glendinning *et al.* (1963) encontró que la exposición de los esporangios durante una hora en un día soleado fue suficiente para inactivarlos. Mizubuti *et al.* (2000) determinaron que se requiere 1.1 hora en días soleados (radiación solar $> 600 \text{ Wm}^{-2}$) para inactivar el 95% de esporangios y tres horas en días nublados (radiación solar $< 300 \text{ Wm}^{-2}$), la mayor parte de esporangios conservó su viabilidad.

2.5.2 Factores de Hospedante

a. Resistencia genética del hospedante

Existen dos tipos de resistencia de la planta de papa a *P. infestans*: la resistencia vertical y la resistencia horizontal, ambas relacionadas con el tipo de herencia cualitativa y con la herencia cuantitativa respectivamente, muy utilizadas en el mejoramiento de la papa (Mackay 1996).

a.1 Resistencia vertical

La resistencia vertical es denominada también resistencia específica, resistencia cualitativa, resistencia no estable, resistencia completa (Pérez y Forbes 2008), resistencia específica a razas, resistencia de genes R, resistencia de genes mayores (Henfling 1987), diferencial (Agrios 1998), monogénica u oligogénica (Flor 1971).

Es controlada por genes mayores dominantes también llamados Genes "R". Son de herencia mendeliana simple, que generalmente resultan relativamente fáciles de manejar en los programas de mejoramiento. La resistencia vertical se basa en la interacción de gen por gen, por la cual, la resistencia es generalmente dominante y resulta del reconocimiento molecular entre los productos de los genes complementarios en la planta (receptores) y el patógeno (elicitores). Hay un gen R de la planta para un

gen Avr del patógeno, y los productos de ambos interactúan específicamente como receptor-elicitor. Cuando el elicitor se une a su receptor, se produce el reconocimiento específico del patógeno como producto de una incompatibilidad genética (Flor 1971).

La resistencia vertical se caracteriza por desencadenar una respuesta de hipersensibilidad (HR) en forma de pequeñas lesiones necróticas (Pérez y Forbes 2008), por consiguiente, el micelio invasor muere antes de que el patógeno sea capaz de reproducirse (Henfling 1987). En presencia de la resistencia vertical, el hospedante y patógeno reaccionan en forma incompatible, donde el hospedante puede responder con una reacción de hipersensibilidad o puede dar apariencia de inmunidad (Agrios 1998). Desafortunadamente, esta forma de resistencia tiene corta duración en el campo, porque las plantas sucumben ante la aparición de nuevas razas (Torres 2002).

Los primeros estudios en resistencia al tizón tardío involucraban principalmente *Solanum tuberosum* L. y *S. demissum* Lindl. (especie silvestre de México). Se demostró que la resistencia era heredada monogénicamente como un carácter dominante conferida por los genes mayores o "R". En papa, la resistencia vertical está determinada por 13 genes mayores de resistencia conocidos hasta el momento (R1-R13) (Forbes y Jarvis 1994, Sánchez *et al.* 2000). *Solanum demissum* ha sido la fuente de introducción de 11 genes R dominantes en cultivares de papa por cruzamiento. Los genes de resistencia R12 y R13 han sido identificados en *S. berthaultii* (Sánchez *et al.* 2000). Actualmente sólo han sido ubicados sobre el mapa genético de la papa siete de los 13 genes R conocidos. El gen R1 fue ubicado en el mapa sobre el cromosoma V, el gen R2 sobre el cromosoma IV, los genes R3, R6 y R7 se ubicaron sobre el mismo extremo distal del cromosoma XI, R12 sobre el cromosoma X y R13 sobre el cromosoma VII (Leonards-Schippers *et al.* 1994, El-Kharbotly *et al.* 1994, Li *et al.* 1998, Sánchez *et al.* 2000).

La resistencia vertical es efectiva contra una o más razas de *P. infestans*, dependiendo de los genes de resistencia y de Avirulencia (Avr) presentes en la papa y el patógeno respectivamente, pero no es efectiva contra razas del patógeno que carecen del gen de virulencia (avr) correspondiente (Wastie 1991). Esta resistencia también se manifiesta en los tubérculos aunque su correlación con la resistencia del follaje puede ser baja. Tal es el caso de los genes R2 y R3 que no se expresan en tubérculos (Stewart *et al.* 1992).

La expresión de los genes mayores es influenciada por la fisiología de la planta que a su vez está en función de la edad y del ambiente (Stewart 1990).

La aparición de nuevas razas complejas producidas por migraciones, mutaciones y recombinación sexual en la población de *P. infestans*, ha originado que este tipo de resistencia no sea duradera (Fry y Mizubuti 1998). Este tipo de resistencia no es duradera ya que se considera que la vida útil de un gen R en tizón tardío es entre 5 a 7 años a partir de su introducción (Turkensteen 1989).

a.2 Resistencia horizontal

La resistencia horizontal es denominada también resistencia general, resistencia cuantitativa, resistencia poligénica, resistencia no específica, resistencia parcial, resistencia de campo (Agrios 1998, Pérez y Forbes 2008), resistencia de genes menores (Henfling 1987), o de genes múltiples (Ingram y Williams 1991).

Este tipo de resistencia desencadena una respuesta no hipersensible porque el patógeno si se desarrolla, aunque restringidamente. Está gobernada por genes menores de efecto aditivo y la interacción con las razas del patógeno no es significativa. Su herencia es de tipo cuantitativo y al ser gobernada por muchos genes es mucho más estable y efectiva (teóricamente contra todas las razas del patógeno) que la resistencia vertical (Forbes y Jarvis 1994, Pérez y Forbes 2008). Se considera que estos genes interactúan frente al patógeno uniformemente, sin causar una interacción diferencial con los genes R de la planta. Se denomina carácter cuantitativo a todos aquellos cuya variación fenotípica es continua y determinada por la segregación (separación y distribución entre individuos) de múltiples loci de herencia poligénica, cada uno de ellos con un efecto independiente y relativamente pequeño, pero a la vez aditivo sobre el fenotipo. Los loci individuales que controlan un carácter cuantitativo son denominados QTLs. Se presume que en la naturaleza la mayor parte de la variación genética en caracteres fácilmente observables es poligénica (Tanksley 1993).

Se presume que muchos factores contribuyen a la resistencia general, como la resistencia de las células de la cutícula y la epidermis a la fuerza mecánica o a las enzimas, la actividad de las sustancias de las hojas para inhibir la germinación y la penetración de los esporangios, el número de estomas y muchos otros factores. Por

definición, una variedad con resistencia general es susceptible, pero es menos susceptible que una variedad con una menor resistencia general. El nivel de resistencia general depende también de factores ambientales locales, incluyendo las condiciones de crecimiento. Sin embargo, su eficacia no depende de la presencia o la ausencia de ciertas razas del patógeno y, si se debilita, no lo hace rápidamente (Henfling 1987). El ambiente puede influenciar la expresión de los genes menores. Así, Harrison *et al.* (1994), determinaron que el fotoperíodo, intensidad de luz y temperatura pueden incrementar o disminuir la resistencia.

En la resistencia horizontal, la planta hospedante limita la penetración e invasión del tejido por cualquier raza del patógeno y disminuye la intensidad de la esporulación y el tiempo necesario para iniciar nuevas infecciones. A diferencia de la resistencia vertical, el nivel de resistencia horizontal de un cultivar reduce la frecuencia de infección, la tasa de crecimiento de la lesión y la producción de esporangios; y por otro lado alarga el período de latencia (Pieterse *et al.* 1992).

Robinson citado por Parlevliet, (1979) puntualiza algunos términos: la “Resistencia completa” se presenta cuando la multiplicación del patógeno es impedida, es decir la producción de esporas es cero. “Resistencia incompleta” se refiere a aquella resistencia que permite alguna producción de esporas. “Resistencia parcial” es una forma de resistencia incompleta en la cual la producción de esporas es reducida aún cuando la planta sea susceptible a la infección. “Resistencia horizontal” es aquella resistencia caracterizada por la ausencia de interacciones genéticas entre genotipos del hospedante y genotipos del patógeno (no específica para razas). La “Resistencia vertical” es caracterizada por la presencia de interacciones genéticas entre el hospedante y el patógeno.

Forbes y Jarvis (1994) mencionan dos tipos de resistencia en cultivares de papa contra *P. infestans*: del tipo *tuberosum* y del tipo *demissum*. La resistencia *tuberosum* surgió por la presión de selección de un conjunto de genes de cultivares susceptibles de la especie *Solanum tuberosum* sin la introducción de resistencia de material silvestre. Se expresa en todas las partes de la planta, es dependiente del fotoperíodo y de la edad del hospedante. Su efecto se manifiesta a través de varios componentes de resistencia, como menor penetración, mayor período de latencia, menor tasa de crecimiento, y

menor esporulación. Existe una correlación entre la resistencia *tuberosum* y la maduración tardía. Esto está relacionado sobre todo con la respuesta de los cultivares al fotoperíodo. Las principales características de la resistencia tipo *demissum* son: sólo determina resistencia a la penetración porque interfiere de alguna manera con la formación del apresorio, no confiere resistencia a los tubérculos y finalmente no es afectada por el fotoperíodo o edad de la planta.

Los genes R no estuvieron tradicionalmente asociados con la resistencia general. Sin embargo, estudios histológicos realizados décadas atrás y recientemente, han encontrado que ocurre una rápida necrosis durante el proceso de infección en plantas con resistencia general. La necrosis rápida también ha sido asociada con la resistencia no hospedante en papa. En la resistencia general, ocurre la necrosis rápida pero en forma tardía lo cual le permite desarrollarse al patógeno. Basándose en observaciones histológicas se propuso que la resistencia general es conferida por interacciones débiles entre los genes R y los genes Avr. En el pasado se han identificado débiles genes R que permiten a un fenotipo expresar resistencia general. A nivel celular, la resistencia de los débiles genes R se asemeja a la resistencia general. En las variedades con resistencia horizontal, el inicio y el desarrollo de la enfermedad son mucho más lentos que en las variedades susceptibles (Pérez y Forbes 2008). La separación entre resistencia vertical y resistencia horizontal puede ser difícil, e incluso se ha reportado sinergismo (Darsow *et al.* citado por Harrison 1995).

b. Componentes de resistencia

La resistencia horizontal ha sido relacionada con componentes de resistencia, los cuales tienen efecto en el ciclo de vida del patógeno. Estos componentes son: la eficiencia de infección, período de latencia, tamaño de lesión, período infeccioso e intensidad de esporulación. Si cualquiera de estos estados es totalmente obstruido, la resistencia es completa y la epidemia no se desarrolla. Si la obstrucción es incompleta, la resistencia es parcial y la epidemia sí se presenta pero con una menor tasa de infección aparente. En las enfermedades policíclicas el desarrollo de la epidemia está definido por la cantidad de inóculo (x_0) y por la tasa infección aparente (r). Si x_0 es reducido se retrasa el inicio de la epidemia, en tanto que si se reduce r se desacelera el avance de la epidemia. La eficiencia de infección es la proporción de esporas que resultan en lesiones esporulantes. El período de latencia es el tiempo transcurrido desde

la infección hasta la observación de los primeros esporangios y esporangióforos. La intensidad de esporulación se expresa como cantidad de esporas producidas por unidad de área y/o por unidad de tiempo. El período infeccioso es el tiempo durante el cual el tejido enfermo esporula (o tiempo de vida de una lesión esporulante). El período de incubación y tamaño de lesión no son componentes de resistencia como tal, debido a que no afectan la tasa reproductiva del patógeno directamente. Ellos tienden, sin embargo, a estar fuertemente correlacionados con el período latente y la intensidad de esporulación (Parlevliet 1979).

Aunque los componentes de resistencia horizontal son relativamente fáciles de medir bajo condiciones controladas, estos son difíciles de evaluar en el campo (Deadman 1998). Aún así se ha tratado de encontrar cuál de estos componentes es el que más alta correlación tiene con la severidad observada en el campo, sin embargo, los resultados son difíciles de interpretar y no se puede establecer un patrón general. Se ha propuesto un grupo de cultivares estándar que faciliten las comparaciones (Oijen 1991).

Los componentes de resistencia son experimentos base realizados en laboratorio para simular enfermedades. En la simulación el área de lesión y la esporulación sobre el tejido infectado son transformados a valores de tasa (o variables de tasa) de crecimiento de lesión (TCL) y tasa de esporulación (TE). La razón de convertir estos componentes a valores de tasa es conocer el crecimiento diario de la lesión ($\text{mm}^2 \text{ día}^{-1}$) y la cantidad de esporangios producidos por lesión por día (esp. $\text{mm}^2 \text{ día}^{-1}$). La fórmula para obtener la TCL asume que la lesión es circular con un crecimiento lineal (radial). Gees y Hohl (1988) inocularon sobre folíolos cortados y evaluaron las lesiones a los 80, 100, 120, y 140 horas después de inoculación. Sus observaciones afirmaron que efectivamente mientras la lesión no alcance el borde del folíolo el crecimiento es lineal (Berger *et al.* 1997).

La tasa de infección (r) es el coeficiente de regresión de los valores de la Clave (escala) de campo para evaluar el tizón tardío de la papa utilizada por el Centro Internacional de la Papa (CIP) a través del tiempo (días después de la siembra) (Henfling 1987).

La tasa de infección aparente (r) es la pendiente de la regresión lineal de $\ln [x/(1-x)]$, donde x es la severidad en valores porcentuales (Vanderplank 1963).

Raymundo (2004) determinó que las tasas de esporulación medidas en condiciones de invernadero y casa de malla en los cvs. Tomasa y Yungay fluctuaron entre 2.2 y 20.6 esporangios/mm²/día. Mientras Andrade (2000) encontró que la tasa de esporulación para ocho aislamientos de *P. infestans* varió de 44.5 a 51.4 esporangios/mm²/día pero en placas Petri. Bashi *et al.* (1982) en evaluaciones en campo reportaron diferencias entre estaciones en la producción de esporangios. En tres años consecutivos la esporulación varió entre 6 a 29 mil esporangios/lesión contabilizados en primavera y de 56 a 141 mil esporangios/lesión en otoño.

En un experimento bajo condiciones controladas y por el método de hojas sueltas, Vleeshouwers *et al.* (2000) estudiaron clones con diferentes niveles de resistencia conocidos. Aquellas plantas con altos niveles de resistencia parcial mostraron lesiones de crecimiento lento. Estas lesiones tenían tasas de crecimiento de lesión (TCL) de 1,2 mm/día. Plantas con bajos niveles de resistencia tuvieron tasas de 2,4 mm/día, y las plantas susceptibles mostraron lesiones de expansión rápida con tasas superiores a 4,0 mm/día. Raymundo (2004) ha reportado también que el promedio de la TCL en diferentes ambientes como placas Petri, invernadero y casa de malla, para los cvs. Tomasa, Yungay y Amarilis fueron 5,7; 4,8 y 1,3 mm/día respectivamente. Así mismo, encontró que el crecimiento del área de lesión es sigmoidal, y el crecimiento radial del área de lesión es lineal con una TCL constante.

c. Estado fisiológico del hospedante

El estado fisiológico del hospedante influye notablemente en la respuesta a *P. infestans*. Así, la edad fisiológica de la planta afecta la susceptibilidad de las hojas: hojas de plantas jóvenes son muy susceptibles a la infección. Conforme la planta crece las hojas se vuelven más resistentes pero finalmente se vuelven susceptibles (Stewart 1990). La posición de la hoja también afecta la susceptibilidad a la infección. Warren *et al.* citados por Harrison (1995) encontraron que las hojas de plantas maduras ubicadas en la región media del tallo eran las más resistentes, en tanto que en plantas jóvenes la posición de la hoja no tuvo efecto. Carnegie y Calhoun (1982) encontraron que la tasa

de crecimiento de la lesión generalmente se incrementa linealmente desde las hojas ubicadas en el ápice hasta las hojas ubicadas en la parte basal del tallo.

Visker *et al.* (2003), en una serie de experimentos de campo y ambientes controlados, con cinco cultivares de papa (*S. tuberosum*) estudiaron los efectos de la edad de la planta, edad de la hoja, y posición de la hoja sobre la resistencia no específica para raza contra *P. infestans*. Determinaron que la posición de la hoja probó ser el factor más significativo; las hojas apicales fueron mucho más resistentes al tizón tardío que las hojas basales. La edad de la planta y edad de la hoja tuvieron sólo efectos menores; por esta razón, la resistencia de una hoja específica permaneció casi igual durante su tiempo de vida. El incremento gradual en la resistencia al tizón tardío desde las hojas basales a las hojas apicales aparentó un efecto general, independientemente del cultivar, condiciones de crecimiento, o prueba de resistencia.

Thurston (1971) reporta que las hojas superiores son más resistentes, las hojas de la parte media son de resistencia intermedia, y las hojas inferiores son las más susceptibles.

La precocidad también influye en la severidad del tizón tardío. Las variedades precoces son generalmente menos atacadas que las variedades tardías, probablemente debido a que completaron su desarrollo antes que aumenten los niveles de inóculo (Kolbe citado por Harrison 1995).

El estado nutricional puede afectar la susceptibilidad de la planta al tizón tardío. Así, el incremento de la fertilización nitrogenada aumenta la infección por *P. infestans* en papa, aunque no siempre suceda esto. En ensayos de campo, se encontró que el tizón en los tubérculos aumentó con el incremento de nitrógeno. En cambio, en estudios de invernadero el diámetro de las lesiones aumentó con la adición de fertilizante nitrogenado. Por otra parte, con el incremento de fósforo y potasio disminuyó la incidencia del tizón tardío y tamaño de las lesiones (Garret y Dendy 2001). Awan y Struchtemeyer (1957) reportaron que dosis elevadas de potasio y principalmente fósforo, disminuyen el tamaño de las lesiones del tizón tardío.

2.5.3 Factores de Patógeno

a. **Genotipo.** La virulencia y la agresividad del patógeno definen la patogenicidad, es decir, la capacidad de producir enfermedad (Hawksworth *et al.* 1995, Shaner *et al.* 1992).

La virulencia es la habilidad genética de una raza de *P. infestans* para vencer la resistencia genética del hospedante la cual es efectiva contra otras razas, causando una reacción de compatibilidad, es decir, producir enfermedad (Pérez y Forbes 2008, Shaner *et al.* 1992). Los genes de resistencia de la planta son los genes R que son vencidos por los correspondientes genes recesivos de virulencia del patógeno (avr) (Bos y Parlevliet 1995). *P. infestans* puede incrementar su virulencia mediante mutación o variaciones somáticas (Denward citado por Harrison 1995). La presencia de genes R en los cultivares provocan una fuerte presión de selección en el campo que favorece las razas virulentas de *P. infestans*. Esto altera la estructura de la población durante la temporada de crecimiento (Shattock *et al.* 1977).

La virulencia también se refiere a la compatibilidad específica, esto es, la habilidad de un aislamiento para causar enfermedad sobre un cultivar que posee genes de resistencia R. Por el contrario la avirulencia denota una incompatibilidad específica (Fry *et al.* 1992).

El término “raza” agrupa a aislamientos en base a su virulencia sobre los genes R de un grupo de clones diferenciales de papa (Black *et al.* 1953, Pérez y Forbes 2008).

La agresividad es la propiedad del patógeno para causar una cantidad relativa de daño en el hospedante que tiene únicamente resistencia no específica (genes menores) para la patogénesis. Es decir, las razas del patógeno que no interaccionan diferencialmente con cultivares del hospedante que poseen genes R (con resistencia vertical), varían en agresividad (Shaner *et al.* 1992). En contraste a la virulencia, la agresividad se refiere al grado de daño que causa un patógeno, por lo tanto un aislamiento agresivo causa más enfermedad (Pérez y Forbes 2008).

2.6 MANEJO INTEGRADO DEL TIZÓN TARDÍO

Fernández-Northcote y Navia (1995) y Navia *et al.* (2001) manifiestan que en países desarrollados, la enfermedad es controlada con relativa facilidad mediante el empleo de fungicidas, pero en Bolivia como en otros países en desarrollo el alto costo de los fungicidas limita su utilización. Esto es agravado por el desconocimiento de estrategias de aplicación de fungicidas apropiadas para el tizón, su uso racional y los beneficios que se logran con un buen control químico de esta enfermedad.

Sin embargo al presente no solamente para los países en vías de desarrollo sino también en los desarrollados, el control químico está siendo más difícil por las nuevas poblaciones de *P. infestans* más agresivas que se están creando por la diseminación del Tipo de Apareamiento sexual A2. Por otro lado, el control químico tiene un impacto desfavorable en el medio ambiente y la salud humana.

Con el fin de evitar o disminuir las pérdidas ocasionadas por esta enfermedad es necesario ejecutar una combinación de medidas complementarias al empleo de cultivares resistentes, que resulten en una producción más económica del cultivo de la papa y que redunden en una prevención de la salud del agricultor, y protección del medio ambiente.

El manejo integrado del tizón involucra cinco componentes importantes:

- prácticas culturales
- predicción de incidencia
- control químico
- resistencia y
- disposiciones normativas.

2.7 BASES DE LAS ESTRATEGIAS DE PROINPA PARA EL CONTROL QUÍMICO DEL TIZÓN DE LA PAPA

El control químico es un componente imprescindible de la agricultura moderna. La estrategia para el control químico del tizón en cultivares susceptibles desarrollada por PROINPA está basada en:

- La aplicación preventiva de los fungicidas (10 días después del 80% de la emergencia) antes de que aparezca el tizón comenzando con un fungicida sistémico.
- La alternancia de un producto sistémico y uno de contacto.
- La no utilización del fungicida sistémico en más de tres oportunidades durante la campaña.
- Frecuencia de aplicación de 7 a 14 días según las condiciones climáticas muy favorables a poco favorables, respectivamente (Fernández-Northcote y Navia 1995, Navia *et al.* 1996, Navia y Fernández-Northcote 1996a, Navia y Fernández-Northcote 1996b, Thiele *et al.* 1998, Trujillo 1998, Fernández-Northcote *et al.* 1999, Navia *et al.* 2001).

La estrategia de PROINPA para el control químico del tizón en cultivares resistentes se basa en:

- La aplicación de un fungicida sistémico cuando se observan los primeros síntomas del tizón.
- Continuar con la aplicación de un fungicida de contacto cuando se observe que la enfermedad continúa su avance, es decir que el patógeno esté esporulando y/o se observe que la sintomatología esté progresando.
- Continuar aplicándolos en forma alternada (sistémico-contacto-sistémico-contacto, etc.) si se observa que la enfermedad sigue avanzando. La frecuencia entre aplicación y aplicación será dada por el grado de avance de la enfermedad.
- Si la enfermedad no apareciera hasta el inicio de la floración, empezar las aplicaciones con un fungicida de contacto y continuar aplicando sólo fungicidas de contacto.
- La última aplicación no debe realizarse con un fungicida sistémico.

Los cultivares con los cuales se ha desarrollado esta estrategia tienen una resistencia proporcionada por genes R vencidos (Rd) posiblemente en combinación con genes menores para resistencia horizontal (Fernández-Northcote y Navia 1995, Navia *et al.* 1996, Navia y Fernández-Northcote 1996a, Navia y Fernández-Northcote 1996b, Thiele *et al.* 1998, Trujillo 1998, Fernández-Northcote *et al.* 1999, Navia *et al.* 2001).

2.8 VENTAJAS DE LAS ESTRATEGIAS DE PROINPA

- Adicionalmente se controla la mancha foliar por *Alternaria solani*.
- Coinciden con las recomendaciones del Comité Internacional Antiresistencia para Sistémicos.
- Toman en cuenta la idiosincrasia del agricultor, porque la utilización de fungicidas sistémicos brinda una mayor garantía de protección, facilitándole la movilización para atender sus otras parcelas generalmente ubicadas en zonas distantes, así como otras actividades. Por otro lado, los fungicidas sistémicos aminoran las deficiencias en las aplicaciones de otros fungicidas.

- Protegen la salud del agricultor al reducirse el número de aplicaciones y evitan el uso excesivo de ditiocarbamatos.
- Protegen el medio ambiente al reducirse la cantidad de fungicidas necesarios por lo menos a un 50% y promover un uso racional de los mismos.
- Contribuyen a la superación socio-económica del agricultor (Fernández-Northcote y Navia 1995, Fernández-Northcote *et al.* 1999, Navia y Fernández-Northcote 1996a).

2.9 TIPOS DE FUNGICIDAS UTILIZADOS PARA EL CONTROL QUÍMICO DE LA RANCHA

Dos tipos de fungicidas se utilizan para el control químico de la rancha, los de contacto y los sistémicos. Comúnmente los de contacto son referidos también como fungicidas protectores o preventivos y los sistémicos como curativos, denominaciones que no están bien aplicadas y que por otro lado, confunden al agricultor. Los agricultores aplican los fungicidas sistémicos sólo cuando ven los síntomas de rancha porque los consideran “curativos”, lo cual es normalmente tarde para un buen control de la enfermedad (Fernández-Northcote *et al.* 1999).

Los fungicidas de contacto afectan las estructuras del patógeno en la superficie de la planta actuando en sus fases de germinación y penetración. Una vez que el patógeno ha entrado en la planta estos fungicidas no lo afectan. Un buen control de la rancha con este tipo de fungicidas sólo se logra con aplicaciones frecuentes y a intervalos cortos entre las aplicaciones, lo que conlleva a efectuar entre 16 a 20 aplicaciones en zonas favorables para la rancha. Aún bajo estas condiciones, el control podría no ser muy efectivo si las condiciones son muy favorables para la enfermedad y si las condiciones lluviosas no dejaran realizar las aplicaciones en el momento oportuno. Con estos fungicidas se necesita cubrir toda la parte aérea de la planta y su acción será efectiva siempre que tengan una buena tenacidad, es decir que persistan en la hoja y no sean lavados por la lluvia. Dentro de este grupo de fungicidas se encuentran los cúpricos, ditiocarbamatos, phtalimidas, phtalonitrilos, piridineaminas y los estáñicos (Fernández-Northcote *et al.* 1999).

Los fungicidas sistémicos penetran en la planta y se movilizan translaminarmente del haz al envés o viceversa y luego del punto donde cayeron hacia la parte superior de la planta, es decir tienen un movimiento acropétalo. Sólo uno de los fungicidas sistémicos que se utilizan para el control de la rancha y que no es propiamente un fungicida, el fosetil-aluminio, se moviliza también en dirección basipétala, es decir de donde penetra hacia la parte inferior de la planta.

Luego de su aplicación el fungicida sistémico penetra en la planta y se moviliza acropetalmente aún hacia partes de la planta no alcanzadas por la aplicación. El intervalo entre aplicaciones puede ser distanciado y el fungicida no es lavado por las lluvias poco después de su aplicación. Las desventajas de estos fungicidas son su mayor costo y la selección e incremento de resistencia en el patógeno cuando se les utiliza inapropiadamente. Pertenecen a este grupo, los cianoacetamida-oximas, carbamatos, derivados del ácido cinámico, fenilamidas y los fosfitos (Fernández-Northcote *et al.* 1999).

Al presente las presiones contemporáneas tendientes a la protección del medio ambiente y la salud humana están abriendo las puertas a un tipo diferente de productos químicos: los activadores de resistencia (productos que activan los mecanismos naturales de autodefensa contra otros organismos) y los fungicidas de origen natural o similares (Fernández-Northcote 2002).

Ruess *et al.* citados por Fernandez-Northcote (2002) refieren que en 1989 investigadores de Ciba-Geigy descubrieron al acibenzolar-S-methyl (CGA 245704), un producto sintético, como un inductor efectivo del mecanismo de autodefensa natural de la planta dando lugar al fenómeno conocido como Resistencia Sistémica Activada (Systemic Activated Resistance-SAR), que torna a las plantas más resistentes a los patógenos.

En 1996 el producto se introdujo en Alemania con el nombre comercial de Bion 50 WG y en Suiza como Unix Bion 63 WG para el control de oidium (*Erysiphe graminis*) en trigo (Fernández-Northcote 2002).

Trujillo por Fernández-Northcote (2002), mostró la efectividad de Bion 50 WG en el control del tizón en mezcla con un fungicida sistémico o de contacto permitiendo reducir el número de aplicaciones del fungicida sistémico y los riesgos de resistencia al fungicida sistémico por parte del patógeno.

El control químico del tizón tardío involucra la utilización de productos químicos capaces de prevenir la infección o realizar algún tipo de control posterior a la infección. Los productos usados para controlar el tizón tardío son clasificados como de contacto, sistémicos y translaminares. Los de contacto actúan sobre la superficie de la planta y evitan la germinación y penetración del patógeno, disminuyendo las fuentes iniciales de la enfermedad. Son conocidos como fungicidas protectantes, residuales o de contacto. Entre los más importantes se encuentran los cúpricos, y los ditiocarbamatos. Los productos sistémicos son absorbidos a través del follaje o de las raíces. La translocación se realiza en forma ascendente, y a veces

descendente, por vía interna a través del xilema y floema. Tienen la capacidad de proteger las hojas producidas después de la aplicación. Inhiben algunas o varias etapas específicas del metabolismo del patógeno. Con ciertos productos, su uso contínuo ha generado la aparición de cepas resistentes a estos fungicidas. Los fungicidas sistémicos fueron introducidos al mercado agrícola en la década de 1970. Metalaxil, ofurace, oxadixil y benalaxil, pertenecientes a las fenilamidas, son los productos más efectivos pues tienen un fuerte efecto curativo, es decir pueden matar al patógeno aún después de que éste haya infectado a la planta. La principal desventaja de este grupo es que la población del patógeno desarrolla rápidamente resistencia a estos fungicidas. Los translaminares son productos que tienen la capacidad de moverse a través de la hoja, pero no de hoja a hoja, por lo que las hojas producidas después de la aspersión del producto no estarán protegidas contra el patógeno (Pérez y Forbes 2008).

2.9.1 Las Fenilamidas

Las fenilamidas o acilalanidas incluyen a un grupo de compuestos con valor fungicida relativamente específicos para el control de Oomycetos y que corresponden químicamente a cuatro subgrupos: acilalaninas (metalaxilo, furalaxilo, benalaxilo), butirolactonas (metilfuram y otros compuestos en desarrollo), tiobutirolactonas y oxazolidonas (oxadixilo). En este grupo el primer fungicida desarrollado y ampliamente utilizado fue el metalaxil, el cual se ha utilizado para el control de numerosas enfermedades producidas por especies de los géneros *Pythium* y *Phytophthora* en una diversidad de cultivos como papa, tabaco, frutales y vides, habiéndose obtenido buenos resultados para el tratamiento de los mildiús (Cohen y Coffey 1986).

El metalaxil (N- (2, 6 – dimethylphenil) – N – methoxyaceticyl), alanine methyl ester) tiene un efecto supresivo en el ARN ribosomal del patógeno. Davidse *et al.* (1983) refieren que la inhibición de la síntesis del ARN ribosomal inhibe el desarrollo del patógeno, evitando la formación de los ribosomas que regulan la síntesis de las proteínas. El metalaxil actúa sólo cuando el micelio del patógeno penetra dentro del foliolo. El metalaxil traslocado a través de la planta, es tomado por el micelio del hongo provocando su malformación y el cese del desarrollo micelial (Erwin y Ribeiro 1996).

Bruck *et al.* citados por Fernández-Northcote (2002) señalan que las fenilamidas inhiben severamente la esporulación y en menor grado el desarrollo micelial.

Staub *et al.* citados por Schwinn y Margot (1991), sostienen que metalaxil tiene poco efecto en la germinación del esporangio o de las zoosporas o en la movilidad de las zoosporas. La penetración y la formación de haustorios en la planta de papa no son afectadas. Metalaxil ejerce su efecto fungitóxico sólo en el interior de la planta. La mejor redistribución y la mayor persistencia de las fenilamidas en las plantas se logra en las plantas jóvenes y en crecimiento activo. Las fenilamidas interfieren la síntesis del ARN inhibiendo a la enzima ARN polimerasa (Fernández-Northcote 2002).

2.9.2 Resistencia al metalaxil

La resistencia a fungicidas en el patógeno se define como aquel cambio heredable y estable del patógeno a la acción de un fungicida, que se traduce en una menor sensibilidad al compuesto químico (Delp y Dekker 1985, Pérez y Forbes 2008).

Es muy probable que la aparición de cepas resistentes a algunos fungicidas sistémicos se produzca debido a que estos fungicidas tienen una acción específica, esto es, sólo afectan a un evento (o tal vez a dos de ellos) del proceso metabólico genéticamente controlado del hongo y, como resultado, puede surgir rápidamente una población resistente de ese patógeno, sea por mutación o por la selección de individuos resistentes en esa población (Agrios 1998).

Muchos fungicidas son específicos y no afectan a ciertas clases de patógenos. Los patógenos que nunca han sido sensibles a un fungicida en particular, se dice que tienen una resistencia inherente a dicho producto. Este tipo de resistencia es identificado tempranamente en el proceso de tamizado de productos potenciales y, más allá de ello, es de poca importancia. Lo que sí es de gran importancia para los patólogos, es la resistencia que se desarrolla en una población de un patógeno que alguna vez fue sensible. Esto se denomina resistencia adquirida. Este tipo de resistencia puede resultar en la pérdida de la cosecha y la pérdida de los productos que alguna vez surtieron efecto, eliminando así opciones para el agricultor (Forbes 2002).

Existe muy poca evidencia de la resistencia de *P. infestans* a la mayoría de los fungicidas comúnmente utilizados para controlar la racha a excepción de las fenilamidas sobre el cual existen muchos reportes de altos niveles de resistencia en la

población del patógeno como en el caso de Ecuador y niveles incluso mayores en la población de Perú (Forbes 2002).

La resistencia al ingrediente activo metalaxil y a otras fenilamidas ha sido reportada dentro de poblaciones de *P. infestans* a nivel mundial, constituyéndose en un factor limitante en el uso de esta clase de fungicidas. La disminución temporal de la sensibilidad a un fungicida vendría a ser una adaptación del patógeno, sin embargo por no ser heredable puede ser revertida por cambios en las estrategias de control químico (Pérez y Forbes 2008).

Davidse *et al.* y Dowley y O' Sullivan citados por Fernández-Northcote (2002), indican que metalaxil fue introducido al mercado en 1977, creando una gran expectativa por su acción post-infeccional, y actividad sobresaliente bajo condiciones muy favorables para el tizón tardío de la papa. Sin embargo el uso extensivo e intensivo de metalaxil como único fungicida en el control del tizón a lo largo de la campaña y además frecuentemente utilizado cuando ya se observaban síntomas de la enfermedad, creó una presión para la aparición de variantes de *P. infestans* resistentes al metalaxil a los tres años de su introducción.

Mundialmente se han registrado casos de resistencia a metalaxil. En 1979, dos años después que el metalaxil fue introducido en algunos países como un producto puro, sin mezclas, el primer aislamiento resistente fue de *Pseudoperonospora cubensis* aislado de plantas de pepino en Israel y Grecia. Cuando el metalaxil se empleó ampliamente durante el primer año en campos de papa infectados por *P. infestans* en Holanda, la población resistente al metalaxil se desarrolló en el campo a una magnitud que el fungicida se convirtió completamente inefectivo para el control del tizón tardío (Davidse *et al.* 1983, Legard *et al.* 1995, Schepers 2001); desde entonces la resistencia ha sido reportada en Israel, Irlanda del Norte, Irlanda, Escocia, noroeste de Estados Unidos y la Columbia Británica en Canadá (Erwin y Ribeiro 1996).

Después de la introducción del metalaxil en 1979 para uso comercial en Irlanda, la resistencia a este fungicida llegó a ser tan dominante en la población de *P. infestans* que el metalaxil fue retirado del mercado en 1981. Sin embargo en 1985 el nivel de resistencia de los aislamientos había decrecido a tal extensión que el gobierno irlandés

permitió su reintroducción pero combinado con un fungicida protectante y sólo dos veces por estación. Este enfoque ha mantenido la resistencia al metalaxil en un estado manejable (Staub 1991).

En Holanda, el metalaxil fue introducido en 1979 y suspendido desde 1981 a 1984 debido a la aparición de aislamientos resistentes de *P. infestans*, pero se reintrodujo para uso restringido mezclado con un fungicida protectante y sólo dos veces por estación (Erwin y Ribeiro 1996).

El mecanismo bioquímico de la resistencia al metalaxil por el patógeno es aún desconocido (Shattock 1988). La habilidad de *P. infestans* para vencer la toxicidad al metalaxil puede atribuirse a que el metalaxil tiene un mecanismo bioquímico de acción muy específico. Es práctico compararlo con la resistencia vertical derivada por los genes R en el hospedero, porque actúa un único mecanismo de acción que puede ser vencido por presión de selección del patógeno a un determinado gen de virulencia.

La resistencia de aislamientos de *P. infestans* al metalaxil se ha convertido en un problema de control del tizón tardío de la papa. Esta resistencia se extiende sólo a los fungicidas de composición química similar a las fenilamidas como benalaxil, furalaxil, ofurace, cyprofuram y oxadixil (Erwin y Ribeiro 1996) confirmando una resistencia cruzada.

Williams y Gisi citados por Fernández-Northcote (2002) señalan que diferentes estudios han mostrado que aunque la frecuencia de las variantes resistentes a fenilamidas aumente durante una campaña en la magnitud de la presión que se ejerza para su selección, la frecuencia disminuye al inicio de la siguiente campaña debido probablemente a una menor capacidad de supervivencia en comparación con las variantes no resistentes a las fenilamidas.

Ogawa *et al.* citados por Alvarez (1989) manifiestan que si un hongo tiene la potencialidad de mutar in-vitro, no implica necesariamente que se producirán problemas de resistencia a nivel del agricultor. Los individuos resistentes pueden estar en la población aún antes que se comience a utilizar un fungicida, pero tendrán muy

probablemente una baja adaptabilidad, puesto que aún no han sido sometidos a la presión de selección.

Wade y Delp, Nuninger *et al.* y Dowley *et al.* citados por Fernández-Northcote (2002) señalan que la comercialización de metalaxil en mezclas con fungicidas de contacto y siguiendo las recomendaciones del grupo de trabajo sobre fenilamidas del FRAC (Fungicide Resistance Action Committee, o Comité de Acción en Resistencia a Fungicidas), ha permitido la utilización del metalaxil y las otras fenilamidas para un control efectivo, eficiente y estable del tizón, a pesar de la presencia al inicio de la campaña entre 30 a 50% de variantes de *P. infestans* resistentes a las fenilamidas.

Las poblaciones resistentes pueden revertir a susceptibles después de que mencionado producto (factor de selección) deja de ser usado por algún tiempo (Gisi y Cohen 1996).

2.9.3 Reportes de Resistencia al Metalaxil en el País

Raymundo (1998) determinó que de 75 aislamientos de *P. infestans* provenientes de Comas, Cuzco y Puno, el 82.7% fueron resistentes al metalaxil, el 12% susceptibles y el 5.3% moderadamente resistentes.

Pérez *et al.* (1999) caracterizaron 287 aislamientos de *P. infestans* procedentes del centro y sur del país encontrando que los aislamientos estudiados pertenecen a tres linajes, asimismo todos los aislamientos pertenecientes a dos linajes fueron resistentes al metalaxil.

Gamboa *et al.* (1999) caracterizaron 307 aislamientos de *P. infestans* procedentes del norte, centro y sur del país. Tres genotipos correspondieron al 97% de la población EC-1, US-1 y PE-3. El linaje clonal EC-1, encontrado en Ecuador y Colombia, también fue el genotipo predominante (65%) en el país, siendo esta población del patógeno más diversa, virulenta y resistente al metalaxil.

Pérez *et al.* (2000), caracterizaron 208 aislamientos procedentes del Cuzco y Puno; determinaron que todos los aislamientos procedentes del Cuzco y la mitad de los procedentes de Puno mostraron resistencia al metalaxil.

Otazú (2000 citado por Egúsqüiza y Apaza, 2002) evaluó la eficiencia de 10 fungicidas en Huasahuasi, zona productora de papa con alta incidencia de *P. infestans*. Encontró menor eficiencia de metalaxil y demostró en laboratorio la resistencia del patógeno a este fungicida.

En el país, los agricultores de las zonas de producción de papa en las que la incidencia de *P. infestans* es muy alta reconocieron muy pronto que las aplicaciones con metalaxil no aseguraban un buen control de la racha por lo que dejaron de utilizarlo siendo reemplazado por el cimoxanil. Esta situación se vió reflejada en la comparación de ventas de estos dos fungicidas en el período 1992-1997 en el que el metalaxil de un 70% de ventas para el año 1992 bajó hasta un 20% en el año 1997 mientras que el cimoxanil de 10% en el año 1992 su venta se incrementó al 60% en el año 1997 (Egúsqüiza y Apaza 2002).

En las zonas productoras de papa del departamento de Huánuco aproximadamente a inicios de la década de los 90 después de su uso generalizado y continuado durante todas las campañas desde su introducción alrededor de 1980, los agricultores observaron que las aplicaciones que realizaban utilizando Ridomil MZ (metalaxil) para el control de la racha se tornaron notoriamente inefectivas aduciéndose que tal situación se debía a que el patógeno había adquirido resistencia. Como consecuencia de ello se dejó de vender metalaxil por un largo período de tiempo (algo más de una década), reingresando recién al mercado local el año 2002 pero con otra formulación.

Flores (2007), ha reportado que los 30 aislamientos colectados de diferentes campos atacados por racha de las localidades de Mayobamba y Chaglla, e igualmente los 24 aislamientos de su Experimento I colectados a los 83 dds como los 25 aislamientos colectados a los 110 dds, mostraron resistencia al metalaxil-M según la prueba de sensibilidad in-vitro.

El cimoxanil, que es uno de los primeros fungicidas sistémicos usados en Oomycetos, es todavía efectivo contra estos organismos. Extensos estudios realizados por Hamlen y Power (1998) en los Estados Unidos utilizando aislamientos de alrededor del mundo y la población de *P. infestans* del Ecuador no han podido demostrar resistencia al cimoxanil (Forbes 2002).

2.10 RESISTENCIA A RANCHA

Al presente los esfuerzos para el control del tizón a nivel mundial están dirigidos hacia la obtención de cultivares resistentes (Forbes y Jarvis 1994). Idealmente estos cultivares deben tener altos niveles de resistencia durable los cuales puedan ser utilizados con pocas aplicaciones de fungicidas (Fernández-Northcote *et al.* 2000, Navia *et al.* 2001).

La integración de la resistencia genética y el control químico permiten reducir el uso de fungicidas, reducir el costo de producción y reducir daños a la salud humana y al medio ambiente. El Centro Internacional de la Papa (CIP) cuenta al presente con materiales mejorados con resistencia horizontal al tizón tardío, altos rendimientos, precoces y de buena calidad culinaria (Pérez y Forbes 2008). En las variedades con resistencia horizontal el inicio y el desarrollo de la enfermedad son mucho más lentos que en las variedades susceptibles, esto permite empezar con el control químico cuando se observan los primeros síntomas de la enfermedad (Pérez 2001).

PROINPA ha desarrollado una estrategia de control químico para complementar la resistencia de cultivares resistentes propiciando su durabilidad (Fernández-Northcote *et al.* 1999, Navia y Fernández-Northcote 1996b, Navia *et al.* 2001).

Mendoza (1998) menciona que con el objeto de evaluar clones con resistencia a ranca y otros atributos agronómicos, a partir de 1984, en el Perú se implementó una nueva estrategia de investigación con participación de los agricultores en mérito al Convenio Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) – Centro Internacional de la Papa (CIP). La participación de los agricultores fue un factor importante en la selección de clones promisorios. Como resultado de este trabajo, hasta la fecha (1998) se ha logrado poner a disposición de los agricultores tres variedades con resistencia a ranca, denominados: Canchán – INIA (1990), Amarilis – INIA (1993) y Chagllina –

INIA (1995). Posteriormente se liberaron otras variedades resistentes a rancho como Kori – INIA, Perricholi, Chata Roja, y Serranita - INIA.

La resistencia a *P. infestans* es de dos tipos generales: cuantitativo y cualitativo. Estos términos se refieren a la forma de herencia genética que es de dos tipos: vertical o raza específica y horizontal o raza no específica (Forbes y Jarvis 1994).

2.11 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS ESTRATEGIAS DE PROINPA

Thiele *et al.* (1998) realizaron el análisis económico de la estrategia desarrollada por PROINPA para el control químico del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) para cultivares de papa susceptibles en Cochabamba, Bolivia. Analizaron los resultados económicos de 21 ensayos de investigación o validación de la estrategia conducidos durante los años 1992 y 1997.

Durante los cinco años de ensayos, el promedio del costo marginal de usar la estrategia frente a la práctica del agricultor fue de alrededor de \$US 100 por ha, los beneficios marginales fueron de casi \$US 1400 por ha y la tasa de retorno marginal mayor al 1300%. El análisis de retorno mínimo confirmó que la nueva estrategia debe ser recomendada.

Trujillo (1998) al estudiar el empleo de fungicidas de contacto más resistentes al lavado, efecto de los activadores de resistencia y cultivares resistentes en estrategias de control químico del tizón (*Phytophthora infestans*) de la papa, condujo cuatro ensayos:

1. Estrategia de control químico del tizón en el cultivar susceptible Waych'a. Incorporación de un fungicida de contacto con mayor resistencia al lavado.

El análisis económico estableció que el mayor beneficio neto se obtuvo con el tratamiento T5 (Fitoraz - fluazinam) = 28,389 Bs/ha, seguido de los tratamientos T1 (Patafol Plus - fluazinam), T3 (Ridomil Mz-72 - Dithane M-45), y T2 (Patafol Plus - clorotalonil) con valores de 27,405 Bs/ha, 27,232 Bs/ha, y 24,843 Bs/ha respectivamente. El testigo T8 con dos aplicaciones (Ridomil Mz-72 – Dithane M-45), tuvo un beneficio neto de 8,246 Bs/ha. El beneficio económico (Relación costo variable/ beneficio neto) respecto al testigo del empleo de los siete tratamientos osciló entre 1: 9 (T6) a 1: 23 (T3).

2. Estrategia de control químico del tizón en el cultivar susceptible Waych'a. Efectividad del fungicida de contacto Captan 500. El análisis económico estableció que los mayores beneficios económicos netos se obtuvieron con el tratamiento T4 (Patafol Plus – Captan 500) = 21,902 Bs/ha, seguido del T5 (Ridomil Mz-72 – Dithane M-45) = 21,832 Bs/ha, y en tercer lugar el tratamiento T3 (Bravo 500) = 19,507 Bs/ha. El menor beneficio económico se obtuvo con el testigo T6 con dos aplicaciones (una de Ridomil Mz-72 y otra de Dithane M-45) = 6,446 Bs/ha. Sin embargo, la relación CV/BN del análisis económico fue mayor cuando se utilizaron los productos de contacto solos.
3. Integración de resistencia, con control químico del tizón. Utilización de un activador de resistencia.
4. Integración de resistencia con control químico. Efecto de cultivares resistentes en el control químico del tizón en el cultivar susceptible Waych'a.

En los cultivares resistentes el análisis económico estableció que el mayor beneficio neto se obtuvo con el cultivar Perla (C5: 2 aplicaciones: una de Ridomil Mz-72 y una de Dithane M-45) con un valor de 39,358 Bs/ha, seguido del cultivar Runa Toralapa (C2: 2 aplicaciones: una de Ridomil Mz-72 y una de Dithane M-45) con 36,018 Bs/ha, y finalmente el cultivar Robusta (C3: 2 aplicaciones: una de Ridomil Mz-72 y una de Dithane M-45 con 31,158 Bs/ha. El cultivar susceptible Waych'a que recibió siete aplicaciones (3 de Ridomil Mz-72 y 4 de Dithane M-45) tuvo un beneficio neto de 28,432 Bs/ha, inferior al de los cultivares resistentes. Cuando el cultivar susceptible Waych'a estuvo acompañado de los cultivares resistentes el beneficio neto obtenido en el cultivar Waych'a fue menor que cuando estuvo solo.

Navia *et al.* (2001) realizaron dos ensayos sobre estrategias de integración de resistencia y control químico del tizón de la papa (*Phytophthora infestans*): Validación con Instituciones en Cochabamba, Bolivia. En un ensayo utilizaron el cultivar Robusta y en el otro Wayna, ambos resistentes al tizón. Los tratamientos fueron tres: T1 (Estrategia de PROINPA para el control químico del tizón en cultivares resistentes empleando los fungicidas Ridomil Mz-72 y Bravo 500), T2 (Estrategia de una Institución de Desarrollo para el control químico del tizón basada en aplicaciones individuales de los productos Manzate, Ridomil Mz-72 y Patafol cada siete días), y el

T3 (Testigo sin aplicación de fungicida). En el ensayo con el cultivar Robusta se hicieron 4 aplicaciones del T1 y 4 del T2. En el cultivar Wayna se realizaron 3 aplicaciones del T1 y 4 del T2. En ambos cultivares, la estrategia de PROINPA (T1) tuvo significativamente un control más eficiente de la enfermedad mostrando valores muy bajos de AUDPC, los mayores rendimientos (30-31 % más), mayores beneficios económicos y menor cantidad de fungicidas utilizados con respecto a la estrategia de la Institución de Desarrollo (T2). El testigo sin aplicación de fungicida (T3) presentó valores muy altos de AUDPC y rendimientos bajos. Tanto en el cultivar Robusta como en Wayna, el mayor beneficio económico se obtuvo con el T1 (Estrategia PROINPA) en comparación con el T2 (Estrategia Institución de Desarrollo) y el testigo (T3). La Tasa de Retorno Marginal (TRM) con el T1 (Estrategia PROINPA) fue de 2,963 % en el cultivar Robusta y de 2,991 % en el cultivar Wayna. El T2 (Estrategia Institución de Desarrollo) fue dominado, en ambos cultivares. Esto quiere decir que por cada 100 Bs invertidos con el tratamiento T1 se obtiene 2,963 Bs en el cultivar Robusta y 2,991 Bs en el cultivar Wayna.

Horton (1982) sostiene que la investigación y la extensión agrícola ayudan a desarrollar nuevas tecnologías apropiadas y a transferirlas a los agricultores. Sin embargo, algunas de las nuevas tecnologías desarrolladas en estaciones experimentales no son adoptadas por los agricultores porque no ofrecen ventajas económicas frente a los métodos comunes de producción. El análisis de presupuesto parcial (APP) proporciona información útil sobre las ventajas económicas y apoya la toma de decisiones en los procesos de investigación, extensión y adopción. Las decisiones deben estar basadas también en un buen conocimiento de la tecnología de la papa y de los sistemas locales de producción.

Flores (2007), entre los resultados de su trabajo sobre integración de resistencia a racha en papa con control químico al mínimo y su efecto en la población del patógeno realizado en Mayobamba (Huánuco) el año 2005, reportó retornos económicos de 14:1 (1435%) y 17:1 (1760 %) obtenidos con los clones 396286.6A (T3) y S2.069 (T4) respectivamente; mientras que el testigo cv. UNICA logró solamente un retorno económico de 8:1 (868 %).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Los tres ensayos que incluye el presente trabajo se instalaron en la localidad de Mayobamba (2510 msnm) comunidad perteneciente al distrito de Chinchao, provincia y departamento de Huánuco, distante a 40 km de la ciudad de Huánuco, en los terrenos del agricultor señor Rubino Rojas y cuya posición geográfica es:

- Latitud Sur : 09° 44' 40''
- Longitud Oeste : 76° 05' 18''

3.2. REGISTRO DE DATOS METEOROLÓGICOS

Dentro del campo experimental se instaló una estación meteorológica automatizada tipo Watchdog modelo 450 (Spectrum Technologies, Inc. 23839 W Andrew Ed Plainfield, IL 60544) para registrar mediante lecturas horarias las variables atmosféricas de temperatura, humedad relativa y número de horas de humedad igual o mayor al 90%. Para registrar la lluvia se utilizó un registrador de eventos (Hobo Event Data Logger, Onset Computer Corporation, 470 Mac Arhutr Blvd., Bourne, MA 02532). Con la información registrada se obtuvo datos diarios de temperatura y humedad relativa máxima, mínima y media, y horas de humedad relativa sobre 90%.

3.3. MATERIALES

3.3.1. Material vegetal

En los diferentes ensayos se utilizaron los siguientes cultivares:

a. Cultivares resistentes:

Amarilis

Canchán

Clon Negro

Clon CIP 392633.10

b. Cultivares susceptibles:

AmarillaTumbay

Las características morfológicas y agronómicas de estos cultivares se detallan a continuación:

Amarilis

Se adapta a condiciones de costa y sierra. Planta de porte mediano; hojas con foliolos anchos; flores blancas y numerosas; escasa fructificación. Tubérculos ovalados; piel crema; ojos superficiales; pulpa amarillenta; brotes cremosos con pigmentos rojizos. Período vegetativo precoz (4 meses). Resistente a “rancho” (Egúsqiza 2000).

Canchán

Se adapta en costa y sierra. Planta de porte mediano; flores rojo violáceas, escasas y muy poca fructificación. Tubérculos redondeados; piel roja clara; ojos superficiales a semiprofundos; pulpa blanca cremosa; brotes rojizos. Período vegetativo intermedio (4-5 meses). Tolerante a “rancho”. Buena calidad comercial (Egúsqiza 2000).

Clon Negro

Planta de porte mediano, foliolos de color verde oscuro, flores blancas y numerosas. Tubérculos redondeados y ovoides; ojos superficiales; piel morada; pulpa blanca. Resistente a rancho.

Clon CIP 392633.10

Planta de porte mediano; flores de color lila pálido. Tubérculos redondeados; piel rosado pálido; ojos superficiales; pulpa blanco cremosa; predominio de tubérculos grandes. Resistente a rancho.

Amarilla Tumbay

Se produce desde 3000 msnm en los departamentos de Huánuco, Pasco y Junín. Planta de porte mediano con abundantes flores rojizas pero de muy escasa producción de frutos. Período vegetativo intermedio. Tubérculos redondos, piel amarillenta con yemas moradas; ojos semi profundos. Pulpa amarilla y brotes morados. Excelente calidad culinaria y comercial (Egúsqiza 2000).

3.3.2. Plaguicidas

a. Fungicidas

Los fungicidas que se utilizaron en los diferentes ensayos se indican en la tabla 1.

Tabla 1: Fungicidas que se utilizaron para el control químico de la rancha en los diferentes ensayos.

FUNGICIDAS SISTEMICOS			
Nombre Comercial	Nombre Técnico	Concentración utilizada (%)	Cantidad en 20 litros de agua
Fitoraz 76 PM	cimoxanil + propineb	0.25	50 g
Ridomil Gold MZ	mefenoxam + mancozeb	0.25	50 g
FUNGICIDAS DE CONTACTO			
Bravo - 500	clorotalonil	0.4	80 ml

En todos los ensayos se utilizó el surfactante agrícola Break Thru a la concentración del 0.025%

Propiedades físicas y químicas de los fungicidas utilizados

Fitoraz 76% PM (propineb – cimoxanil)

Composición química :

- propineb : Polímero zinc propileno-bis (ditiocarbamato).....70%
- 2 – ciano – N – (etilamino) carbonil – 2 – (metoximino) acetamida (cimoxanil)6%
- Inertes24%

Fitoraz 76% PM, es un fungicida agrícola formulado como polvo mojable, fabricado por Bayer SA (Colombia) y recomendado para el control de la rancha de la papa; parcialmente sistémico (translaminar) de buen efecto inicial, se puede mezclar con la mayoría de los plaguicidas y fertilizantes foliares.

Para tratamientos preventivos, aplicar la dosis baja de 1.5 kg/ha, repetir cada 15 días. En tratamientos curativos, con presencia de la enfermedad, aplicar la dosis alta de 2-2.5 kg/ha; repetir cada 8 días.

Para *P. infestans* 1.5 a 2.5 kg/ha, 500-600 g/cilindro, 0.25 – 0.30 %

Toxicidad oral : DL₅₀ = 1515 mg/kg en ratas macho

Ridomil Gold MZ 68 WP (metalaxyl M + mancozeb)

Ridomil Gold MZ es un nuevo fungicida fabricado por NOVARTIS DE COLOMBIA SA, mejorado en ingrediente activo y presentación que lo hacen un producto de última generación. Está formulado como polvo mojable y su composición química (a 20°C) es:

- metalaxyl M: (R)-2-[(2,6-dimetil-fenil)-metoxiacetamino]-propionicoácido metil ester.....4%

- mancozeb: manganeso etileno bis (ditiocarbamato), polimerico complejo con zinc.....64%
- Materias inertes32%

Fungicida de efecto protectante y sistémico ascendente, recomendado para el control de la racha en papa, ají, tomate, pepino, pimiento y mildiú en cebolla, ajo, zapallo, melón, sandía y pepinillo. Cuando se aplica preventivamente, el intervalo de aplicación puede ser entre 10 y 14 días, y en el caso de que se observen los primeros síntomas, la segunda aplicación debe hacerse a los 5-7 días de la primera y posteriormente cada 10 – 14 días. Dosis recomendada para racha de la papa: 2 – 3 kg/ha de producto comercial.

Toxicidad aguda en ratas (mg/kg): DL₅₀ oral > 2000 (producto comercial)

Ligeramente tóxico a mamíferos; tóxico para peces.

Bravo – 500 (clorotalonil)

FUNGICIDA – SUSPENSION ACUOSA

Composición química: (a 20°C)

Ingrediente activo:

- clorotalonil : Tetrachloroisophthalonitrilo.....500 g/l
- Ingredientes inertes:.....736 g/l

Importado y distribuido por FARMEX SA ZENECA Ag. Products USA.

INSTRUCCIONES DE USO

BRAVO-500, excelente fungicida para el control tanto de “hielo fungoso” causado por *Phytophthora infestans* en los cultivos de papa y tomate, así como “tizón temprano” causado por *Alternaria solani* en los cultivos de papa, tomate y flor marigold. Iniciar las aplicaciones con BRAVO-500 cuando las plantas tengan 15 cm de tamaño o cuando la enfermedad amenace. Repita cada 12-15 días, el número de aplicaciones serán las necesarias para mantener el control de la enfermedad.

Sólo en condiciones de ataque severo acortar el intervalo a 10 días. Las aplicaciones deben ser hechas con suficiente agua a fin de obtener una adecuada cobertura del follaje. La dosis para el control de *P. infestans* en papa es 3.25 l/ha.

La DL₅₀ : oral aguda es 4200 mg/kg (producto comercial)

La DL₅₀ : dermal aguda es 20000 mg/kg (p.c)

Break Thru

(Polieter – Polimetilsiloxano) - Concentrado Soluble

Composición química:

- Oxirane, metil-polymero con oxirane, mono (3-[1, 3, 3, 3-tetrametil-1- (trimetilsilil) oxy] disiloxanil] propil) eter100%

Break Thru es un surfactante agrícola novedoso que reúne cualidades de excelente dispersión y penetración estomática que influyen positivamente en la eficacia de tratamientos con plaguicidas. Fabricado por Goldschmidt Chemical Corporation – EEUU e importado por BASF Peruana.

Dosis para mezcla con fungicidas: 50 ml/200 l de agua.

DL₅₀ del producto formulado: Aguda oral 3200 mg/kg

Aguda dermal 1500 mg/kg

b. Insecticidas

En los tres ensayos se utilizaron los insecticidas Alsystin 480 SC (triflumuron) y Bulldock 025 SC (beta-cyfluthrina) aplicados juntos a la concentración de 0.05% y 0.1% respectivamente para el control de *Premnotrypes spp.* y *Epitrix spp.* La primera aplicación se efectuó al 50% de la emergencia de las plántulas, la segunda aplicación a los 15 días de la primera, y la tercera a los 10 días de la segunda.

3.3.3. Fertilizantes

Se utilizaron como fuentes de Nitrógeno, Fósforo y Potasio: Úrea (46 % N), Superfosfato de Calcio Triple (46 % P₂O₅) y Cloruro de Potasio (60 % K₂O) respectivamente.

3.3.4. Materia orgánica

Como fuente de materia orgánica se utilizó estiércol de gallina de granja.

3.3.5. Otros materiales

En los tres ensayos también se utilizaron: mochila aspersora manual de 20 litros de capacidad (Calimax) con boquilla estándar, baldes de plástico, cinta métrica,

balanzas, estacas, cal, cordel, herramientas de campo, carteles, costales, mallas, rafia, y material de escritorio.

3.4. METODOLOGÍA PARA LA FASE DE CAMPO

En todos los ensayos se siguió el siguiente patrón de actividades, acordes con las costumbres y tradiciones de los agricultores de la zona:

3.4.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó a tracción animal. Consistió en dos pasadas de reja en forma cruzada, la recolección y quema de residuos vegetales del cultivo anterior y finalmente el desterronado y surcado utilizando un distanciamiento de 1 m entre surcos. Posteriormente se trazaron los campos experimentales de acuerdo al croquis para cada caso.

3.4.2. Fertilización

En los tres ensayos se aplicó la fórmula 180-180-160 de NPK (Nitrógeno-Fósforo-Potasio). Momentos antes de la siembra, los fertilizantes previamente mezclados y en las cantidades pre determinadas se depositaron en el fondo del surco a chorro continuo, luego se cubrieron con una delgada capa de suelo a fin de evitar que los tubérculos-semilla tuvieran contacto directo con los fertilizantes. A la siembra se aplicó toda la dosis de Fósforo y Potasio y la mitad de la dosis de Nitrógeno.

3.4.3. Abonamiento

Simultáneamente con la fertilización, antes de la siembra se aplicó la gallinaza al fondo del surco, a chorro continuo y en las cantidades pre determinadas en base a la dosis de 4 t/ha.

3.4.4. Siembra

La siembra se realizó en forma manual, con la participación de los agricultores del lugar. Los tubérculos-semilla fueron depositados en el fondo del surco distanciados a 0.30 m y luego cubiertos con una capa de suelo de tal manera que quedarán aproximadamente a una profundidad de 10-15 cm.

Las fechas de siembra de los diferentes ensayos fueron:

- 20 – 12 – 00 (Ensayo 1)
- 28 – 01 – 01 (Ensayo 2)
- 02 – 02 – 01 (Ensayo 3)

3.4.5. Labores culturales

a. Riegos

Durante la fase del ciclo vegetativo del cultivo no se suministraron riegos debido a que no fue necesario, pues la humedad requerida por el cultivo fue suministrada por las precipitaciones pluviales.

b. Deshierbo y aporque

A los 15 días de la siembra se hizo una aplicación de Sencor al 0.1%, luego a los 45 días después de la siembra se realizó el primer deshierbo en forma manual. A los 60 días después de la siembra se efectuó el aporque, momento en que se aplicó la segunda dosis del fertilizante nitrogenado.

3.4.6. Cosecha

Quince días antes de la cosecha se procedió a cortar el follaje. La extracción de los tubérculos se realizó en forma manual con la ayuda de un pico o un “cashu”, una vez que éstos alcanzaron su madurez comercial. Las fechas de cosecha fueron:

- Ensayo 1 : 26-04-01
- Ensayo 2 : 30-05-01
- Ensayo 3 : 06-07-01

3.5. EVALUACIONES REALIZADAS

Se efectuaron las siguientes evaluaciones:

En los Ensayos 1, 2 y 3:

- Severidad
- Cálculo del Area Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (AUDPC)
- Rendimiento
- Cuantificación de la esporulación

En los Ensayos 1 y 2:

- Prueba de sensibilidad *in vitro* de *P. infestans* al metalaxil

En el Ensayo 2:

- Crecimiento de la lesión

Evaluación adicional:

- Análisis económico parcial (Ensayos 1, 2 y 3)

3.5.1 Evaluación de severidad

Una de las formas de medir la enfermedad es mediante la severidad, la cual es definida como el área del tejido vegetal afectado por la enfermedad y expresado como un porcentaje del área total evaluada (Parlevliet 1979).

En los tres ensayos, cada siete días desde la aparición de los primeros síntomas hasta aproximadamente 30 días antes de la cosecha, la epidemia fue evaluada en los dos surcos centrales de la parcela. Mediante observación visual se estimó el porcentaje de tejido afectado del conjunto de plantas asignando 0% a plantas completamente sanas y 100% a plantas completamente infectadas de acuerdo a la escala utilizada por el Proyecto ICA, CIP/Colombia (Zapata 1991) (Tabla 2).

Con los datos de las evaluaciones del porcentaje de área de follaje afectado se determinó la curva de progreso de la enfermedad, utilizando para fines de graficación el porcentaje promedio del follaje afectado correspondiente al grado de daño de la escala.

Tabla 2: Escala para la evaluación del tizón de la papa (*P. Infestans*) en el campo

Grado	Promedio	% Área afectada	Descripción de daños
1	0	0.0	No se observa ninguna lesión.
2	1.55	0.1-3.0	Muy pocas plantas con una lesión dentro de una parcela grande. No más de diez lesiones por planta.
3	6.55	3.1-10	Hasta 30 lesiones pequeñas por planta ó hasta una lesión por cada 20 folíolos.
4	17.55	10.1-25	La mayoría de las plantas están visiblemente afectadas. Pocas lesiones múltiples por folíolo.
5	37.55	25.1-50	Casi todos los folíolos con lesiones. La parcela luce a verde pero todas las plantas están afectadas.
6	62.55	50.1-75	La parcela luce verde con manchas pardas. Las hojas de la mitad inferior de la planta están destruidas.
7	82.55	75.1-90	La parcela no está predominantemente verde ni parda. Solo las hojas superiores están verdes.
8	93.55	90.1-97	La parcela se ve parda. Unas cuantas hojas superiores aún presentan algunas áreas verdes.
9	98.55	97.1-100	Todas las hojas y tallos están muertos.

3.5.2 Cálculo Área Bajo la Curva Progreso de la Enfermedad (AUDPC)

El tizón tardío es una enfermedad policíclica debido a que el agente causal (*P. infestans*) es capaz de reproducirse y reinfectar otras plantas durante la misma temporada de cultivo. Para evaluar la resistencia de material genético a esta enfermedad, se recomienda utilizar el parámetro conocido como Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (AUDPC, por sus siglas en inglés: Area Under Disease Progress Curve) que se calcula basándose en los porcentajes de área foliar afectado por el tizón tardío, los cuales son determinados en forma visual y son registrados con el mismo intervalo de tiempo o en distintas fechas durante la ocurrencia de la epidemia. La ventaja de usar el AUDPC es su simplicidad para realizar los cálculos, pues usa múltiples evaluaciones y no necesita realizar transformación de datos. Es muy útil para realizar análisis comparativos entre variedades, genotipos o tratamientos en el mismo experimento y en la misma estación de cultivo (Pérez y Forbes 2008).

Con los datos de las evaluaciones de los porcentajes de área de follaje afectado (promedios para cada grado) se calculó el AUDPC mediante la fórmula sugerida por Landeo *et al.* (1999):

$$\text{AUDPC} = \sum_{i=1}^n [(X_{t+1} + X_t)/2] (D_{t+1} - D_t)$$

Donde :

Σ = sumatoria n = número total de observaciones

X_t = porcentaje de follaje dañado a t días después de la siembra

X_{t+1} = porcentaje de follaje dañado a $t+1$ días después de la siembra

$(D_{t+1} - D_t)$ = número de días de la primera a la segunda lectura

Con los valores del AUDPC se realizó el respectivo análisis de variancia (ANVA) y la Prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($P=0.05$).

3.5.3 Evaluación del rendimiento

A la cosecha se evaluaron los dos surcos centrales de cada unidad experimental, eliminando los surcos laterales y descartando las plantas de los extremos para evitar

efectos de borde y arrastre de fungicidas. En los tres ensayos se tomaron datos de número de plantas cosechadas por surco, peso total de tubérculos por área neta experimental y peso de tubérculos por categorías de acuerdo a la escala utilizada por Trujillo (1998) (anexo 1). Con los datos de peso total de tubérculos y peso de tubérculos de categoría primera se realizó el respectivo análisis de variancia (ANVA) y la Prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($P= 0.05$).

3.5.4 Análisis económico

Se efectuó el análisis económico de presupuesto parcial para el rendimiento total de los tres ensayos. Para ello, se consideró los siguientes conceptos económicos señalados por Horton (1982) y CIMMYT (1988):

Beneficio bruto (BB) = Rendimiento (se consideró 10% de pérdida en la cosecha) x precio de kilogramo de papa en chacra.

Costo parcial (CP) = Cantidad de fungicida y adherente utilizado en todas las aplicaciones por tratamiento x costo de fungicida + costo de adherente + costo de aplicaciones.

Beneficio neto (BN) = BB – CP. Como unidad monetaria se utilizó el \$ US, al tipo de cambio de la época en que se realizaron los ensayos (3.50 nuevos soles por dólar).

3.5.5 ENSAYO 1:

Validación de estrategias de PROINPA para el control químico de la ranca de la papa en cultivares susceptibles y resistentes.

El objetivo de este ensayo fue validar la estrategia de PROINPA para cultivares resistentes en cultivares que se difundieron como resistentes en Huánuco, así como en clones resistentes promisorios seleccionados para su posible liberación como nuevos cultivares bajo las condiciones agroecológicas de Mayobamba. Como uno de los controles susceptibles se utilizó el cultivar nativo Amarilla Tumbay al que se le aplicó la estrategia de PROINPA para cultivares susceptibles.

Se utilizaron como resistentes los cultivares Amarilis, Canchán, Clon Negro (CIP s/n) y Clon CIP 392633.10 y como susceptibles los cultivares Amarilla Tumbay y Canchán. Para los cultivares resistentes se aplicó la estrategia propuesta por PROINPA para el control químico de la ranca en cultivares resistentes y para los susceptibles la

estrategia para el control químico de la ranca en cultivares susceptibles (Fernández-Northcote *et al.* 1999, Navia y Fernández-Northcote 1996a). En ambos casos se utilizó la pareja de fungicidas formada por el fungicida de contacto clorotalonil (Bravo-500 al 0.4%) y el sistémico cimoxanil 6% en mezcla con el fungicida de contacto propineb 70% (Fitoraz 76 PM al 0.25%).

a. Diseño experimental

Se utilizó el diseño estadístico de Bloques Completos al Azar (DBCA) con 12 tratamientos y 4 repeticiones. El croquis del campo experimental y el detalle de la unidad experimental se presentan en los Anexos 2 y 3 respectivamente.

Tratamientos

1= Amarilis con estrategia para cultivares resistentes (EPCR):

Fitoraz/clorotalonil

2 = Canchán con EPCR : Fitoraz/clorotalonil

3 = Clon Negro con EPCR : Fitoraz/clorotalonil

4 = Clon CIP 392633.10 con EPCR : Fitoraz/clorotalonil

5 = Amarilis testigo absoluto (sin aplicación)

6 = Clon Negro testigo absoluto (sin aplicación)

7 = Clon CIP 392633.10 testigo absoluto (sin aplicación)

8 = Amarilla Tumbay con EPCS : Fitoraz/clorotalonil

9 = Canchán con EPCS : Fitoraz/clorotalonil

10= Canchán testigo con 6 aplicaciones: Fitoraz-clorotalonil-clorotalonil-Fitoraz-clorotalonil-clorotalonil

11=Amarilla Tumbay testigo con sólo 3 aplicaciones: Fitoraz-clorotalonil-clorotalonil

12 = Canchán testigo con sólo 3 aplicaciones: Fitoraz-clorotalonil-clorotalonil

b. Ajuste de la estrategia para cultivares susceptibles (EPCS)

Para las condiciones de Mayobamba (Huánuco), la EPCS estándar de PROINPA fue ajustada de acuerdo al tabla 3. Por lo tanto, dicha estrategia se basó en la aplicación preventiva de un fungicida sistémico al 50 y 100% de emergencia es decir antes que aparezcan los síntomas de ranca, la alternancia del producto sistémico y el de contacto, la no utilización del sistémico en más de tres oportunidades durante la campaña y una

frecuencia de aplicaciones de 7 a 14 días según las condiciones climáticas. Asimismo se desdobló la primera aplicación del fungicida de contacto efectuándose la segunda después de 4 días de la primera.

Tabla 3: Estrategia de PROINPA para el control químico del tizón en cultivares susceptibles con ajustes para las condiciones de Mayobamba

50 y 100 % emergencia		Días después (d)							
		7-14 d *	7d**	7-14 d	7 d	7-14 d	7 d	7d	
Fungicidas:		Sistémico	Contacto	Sistémico	Contacto	Sistémico	Contacto	Contacto	Contacto

(*) Dependiendo de las condiciones climáticas.

(**) Se podrá repetir una nueva aplicación a los 4 días de la aplicación del fungicida de contacto.

La frecuencia de aplicaciones en el Ensayo 1 se presenta en el anexo 4.

c. Encuestas

En vista que dentro de la red de ensayos realizados en el departamento de Huánuco el año 2001, sólo se consideraron tratamientos que correspondieron a la práctica local del agricultor en las localidades de Pillao y Yaurín, se realizaron encuestas a los agricultores de Mayobamba con la finalidad de determinar los productos que utilizan para controlar la racha, dosis, frecuencia entre aplicaciones, número de aplicaciones y rendimiento obtenido.

d. Cuantificación de la esporulación de *P. infestans*

En el Ensayo 1, a los 103 días después de la siembra (dds) se eligieron 4 plantas al azar de los surcos centrales de cada unidad experimental de los tratamientos: Clon Negro Testigo absoluto (T6) y Canchán Testigo con 6 aplicaciones (T10) 38 días después de la última aplicación.

En cada planta se seleccionó un foliolo del tercio superior que presentara una lesión con esporulación y cuyo tamaño no abarcara más de 1/3 del área total del foliolo. En este caso como en los posteriores, se trató de uniformizar el tamaño de las lesiones muestreadas, eligiendo aquellas que tuvieran similar tamaño. Con una tijera se

recortaron los bordes de la lesión y la porción de tejido foliar conteniendo la lesión se introdujo a un vial que contenía 5 ml (luego 8 ml) de una solución preservante a base de Sulfato de Cobre 0.02M y Acetato de Sodio 0.2M a pH: 5.4. Los viales fueron identificados con un sticker y luego trasladados al Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Nacional Agraria La Molina donde posteriormente se realizó el conteo.

El número de esporangios por ml de suspensión se determinó con la ayuda de un hematocímetro. Antes de procederse al recuento, cada vial se agitó manualmente durante 20 segundos, y se extrajo el tejido foliar conteniendo la lesión para medirla. Asumiendo que las lesiones tenían una forma romboidal, para estimar el área de la lesión, con una regla se midieron las diagonales mayor y menor de 50 lesiones para luego hallar el área mediante la fórmula del rombo ($A = D \times d/2$). Para determinar el número de esporangios por cc se efectuaron dos lecturas por cada muestra; se sumaron el número de esporangios de los 5 Cuadrados Principales, se promediaron los resultados de las dos lecturas y el valor se multiplicó por 2000, el resultado se multiplicó por el número de ml de suspensión que contenía el vial.

Al momento del muestreo, el promedio de follaje afectado estimado mediante observación visual fue de 94.5% en el tratamiento Clon Negro Testigo absoluto (T6) y 61.25% en el tratamiento Canchán Testigo con 6 aplicaciones (T10).

Los valores de número de esporangios por lesión (1.5 cm^2) se convirtieron luego a número de esporangios por cm^2 . Con los valores del número de esporangios por cm^2 de los tratamientos 6 y 10 se efectuó el análisis de variancia y la Prueba de Comparación Múltiple de Medias de Tukey. Para el análisis de variancia los datos originales fueron transformados a \log_{10} (Calzada 1970).

e. Aislamiento de *P. infestans*

- **Muestreo**

Previo a la realización de la prueba de sensibilidad al metalaxil, a los 100 dds en el Ensayo 1 se colectaron muestras para efectuar el aislamiento de *P. infestans*.

De cada repetición se muestrearon dos plantas por unidad experimental de los tratamientos 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9 y 10. De cada planta se eligió un foliolo del tercio superior

que tuviera una lesión causada por ranca, cuyo tamaño no abarcara más de 1/3 del área total del foliolo. Uno de los foliolos elegidos se introdujo en una bolsita de polietileno, siendo luego desprendido de la planta mediante la presión de los dedos por la parte exterior de la bolsita. La bolsita conteniendo el foliolo se introdujo en otra bolsa para evitar la pérdida de humedad. El otro foliolo elegido se introdujo dentro de una placa Petri descartable que contenía Agar-Agua. Las muestras se depositaron en una caja de tecnopor en cuyo interior se colocó un gel que mantuviera la temperatura baja y luego trasladadas al Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Nacional Agraria La Molina donde se efectuó el aislamiento de *P. infestans*.

El aislamiento de *P. infestans* de material vegetal infectado es un tanto difícil debido a la ocurrencia simultánea de numerosas bacterias sobre la superficie de las partes enfermas de la planta. Es más fácil obtener un cultivo puro de este microorganismo sobre tejido de tubérculo estéril de papa que sobre un medio artificial o sintético.

P. infestans es muy sensible a los iones metálicos, por lo tanto debe ser tratado con agua destilada libre de iones. El agua debe ser enteramente libre de cobre o de iones de Hierro y también libre de cloruros.

Los aislamientos de *P. infestans* se obtuvieron utilizando el método de rodajas de tubérculos de papa de la variedad susceptible "huayro" como trampa y purificándolos luego mediante repicado a placas Petri conteniendo el medio selectivo V-8 al 10% no clarificado (Forbes 1997).

El procedimiento fue el siguiente:

- Se lavaron los tubérculos con agua y detergente para eliminar el suelo adherido a la superficie del tubérculo procurando no hacer heridas.
- Se dejó secar al medio ambiente y eliminó aquéllos tubérculos que presentaban heridas, manchas sospechosas de algún patógeno o que presentaran esclerotes adheridos a su superficie.
- Los tubérculos se desinfestaron con hipoclorito de sodio al 3% durante 10 minutos y luego se dejaron secar al medio ambiente.

- Posteriormente los tubérculos se sumergieron uno a uno en alcohol para proceder a su flameado dentro de la cámara de siembra.
- El tubérculo se colocó sobre papel estéril y con la ayuda de un cuchillo desinfectado y flameado se procedió a cortar rodajas de aproximadamente 1 cm de espesor (las rodajas de ambos extremos se descartaron).
- Con una pinza desinfectada se colocó dos rodajas dentro de una placa Petri estéril.
- Los folíolos se extrajeron de la bolsa o de la placa Petri y se colocaron sobre papel estéril para realizar cortes de 1 x 1 cm abarcando tejido sano y tejido dañado (todo este procedimiento dentro de la cámara de siembra).
- Los trocitos de tejido foliar se colocaron en una solución de hipoclorito de sodio al 1 % durante 1 minuto y después en agua destilada en vidrio, estéril.
- Luego se colocaron sobre papel estéril para eliminar el agua de su superficie.
- Una vez seca la porción de tejido foliar, se colocaron 2 trocitos sobre cada rodaja de tubérculo, teniendo la precaución de poner el envés del folíolo en contacto con la superficie del tubérculo.
- Se volteó la rodaja del tubérculo de tal manera que el trozo de tejido quedara entre el fondo de la placa Petri y la rodaja del tubérculo.
- Las placas Petri conteniendo las rodajas y las porciones de tejido infectado se colocaron en incubadora a 18°C.
- Una vez que el pseudohongo desarrolló sobre la superficie de la rodaja de tubérculo, con ayuda de un estilete flameado, se procedió a transferir una pequeña porción de micelio sobre el medio selectivo V8 al 10% no clarificado (anexo 5) contenido en placas Petri. Esta transferencia se efectuó en 6 puntos más o menos equidistantes de la superficie del medio teniendo la precaución de no hacer contacto entre el estilete con la superficie de la rodaja de tubérculo cada vez que se extraía una porción de micelio.
- Las placas Petri se incubaron a 18°C.

- **Mantenimiento de los aislamientos**

Después de siete días cuando se observó el desarrollo de micelio de las placas que mostraron cultivo puro sin contaminación, previa determinación con la ayuda de un estereoscopio, de zonas donde existía producción de esporangios, se repicó rodajas de medio V-8 (tres por placa) conteniendo micelio y esporangios a placas Petri

conteniendo medio Centeno B (anexo 6). Las placas se incubaron a 18°C, mientras que las placas que presentaron contaminación se descartaron.

- Cuando se observó el desarrollo de micelio en las placas conteniendo medio Centeno B, con un sacabocado esterilizado por flameo se procedió a realizar cortes del medio de modo que se obtuvieran rodajas con micelio y esporangios de *Phytophthora infestans*.
- Asépticamente, con una ansa se transfirieron rodajas al interior de tubos de ensayo conteniendo medio Centeno A (anexo 7) inclinado.
- Una vez sellados y codificados, los tubos se incubaron a 18°C por tres días, luego se colocaron en refrigeración a 6 °C para su mantenimiento.

f. Prueba de sensibilidad de *P. infestans* al metalaxil

La prueba de sensibilidad de la población de *P. infestans* procedente de la localidad de Mayobamba (Huánuco) al metalaxil se realizó en medio V-8 al 10% no clarificado siguiendo el método estándar indicado por Forbes (1997), utilizando el producto Sudbue 2E, el cual tiene en su composición:

- metalaxil -r..... 25.1 %
- Ingredientes inertes 74.9 %

Para efectuar esta prueba, se preparó el medio V8 10% no clarificado. Previo al plaqueo con una pipeta se adicionó al medio el metalaxil en dos concentraciones: al 5 y 100 ppm. Se utilizó también un testigo con 0 ppm de metalaxil. Después de homogeneizado el fungicida con el medio se procedió al plaqueo. Una vez que el medio estuvo enfriado y solidificado el pseudohongo fue colocado al centro de cada placa utilizando rodajas de 0.6 cm de diámetro de V8 10% no clarificado conteniendo crecimiento micelital de *P. infestans*.

Para esta prueba se seleccionó un aislamiento de cada tratamiento de los ensayos 1 y 2, cada aislamiento elegido tuvo dos repeticiones.

El testigo de comparación fue sembrado en la misma forma pero sobre medio V8 10% no clarificado sin metalaxil.

Simultáneamente se hizo la prueba de metalaxil con dos aislamientos (controles) proporcionados por el Centro Internacional de la Papa (CIP), uno sensible (228) y el otro resistente al metalaxil (POX 74).

Las placas sembradas fueron incubadas a 18°C. Después de siete días se midió el crecimiento de la colonia del pseudohongo en ángulos rectos, dos diámetros a través del centro de cada placa.

La resistencia al metalaxil se evaluó mediante la siguiente clasificación señalada por Forbes (Forbes 1997):

- **Resistente:** cuando el crecimiento en las concentraciones 5 y 100 µg/ml es \geq al 40% del crecimiento en la concentración 0 µg/ml
- **Intermedio:** cuando el crecimiento en la concentración 5 µg/ml es \geq al 40% del crecimiento en la concentración 0 µg/ml
- **Sensible:** cuando el crecimiento en las concentraciones 5 y 100 µg/ml es \leq al 40% del crecimiento en la concentración 0 µg/ml

Tabla 4: Aislamientos del Ensayo 1 seleccionados para la Prueba de sensibilidad al metalaxil.

Aislamiento	Tratamientos		
E1-I-1	0 ppm	5 ppm	100 ppm
E1-II-2	0 ppm	5 ppm	100 ppm
E1-I-3	0 ppm	5 ppm	100 ppm
E1-IV-3	0 ppm	5 ppm	100 ppm
E1-IV-4	0 ppm	5 ppm	100 ppm
E1-IV-6	0 ppm	5 ppm	100 ppm
E1-III-8	0 ppm	5 ppm	100 ppm
E1-IV-9	0 ppm	5 ppm	100 ppm
E1-III-10	0 ppm	5 ppm	100 ppm

3.5.6 ENSAYO 2:

Programas calendario y estrategia para el control químico de la ranca en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay

Simultáneamente al Ensayo-1, con el propósito de analizar la epidemia de la ranca y determinar el comportamiento de los productos utilizados en programas calendario de aplicaciones de fungicidas, como dentro de las estrategias – información que permitirá realizar los ajustes necesarios para mejorar las estrategias en posteriores ensayos - así como comparar la efectividad y eficiencia de las estrategias propuestas por PROINPA con programas calendario de aplicaciones, se realizaron dos ensayos más:

uno utilizando el cultivar susceptible Amarilla Tumbay (Ensayo-2) y otro utilizando el cultivar resistente Amarilis (Ensayo-3).

En el presente ensayo se utilizó el cultivar Amarilla Tumbay. Se establecieron dos programas calendario de aplicaciones de fungicidas y la estrategia de PROINPA para cultivares susceptibles (Fernández-Northcote *et al.* 1999, Navia y Fernández-Northcote 1996) utilizando los fungicidas sistémicos cimoxanil 6% en mezcla con el fungicida de contacto propineb 70% (Fitoraz 76 PM, al 0.25%), mefenoxam (enantiómero más activo de metalaxil) 4% en mezcla con el fungicida de contacto mancozeb 64% (Ridomil Gold MZ WP, al 0.25%) y el fungicida de contacto clorotalonil (Bravo-500, al 0.4%).

En los programas calendario los fungicidas fueron aplicados individualmente en frecuencias de cada 5 y 10 días. Para la estrategia de PROINPA se utilizaron las parejas Fitoraz/Bravo y Ridomil Gold/Bravo a las mismas dosis que cuando se utilizaron individualmente en los programas calendario.

a. Diseño experimental

Se utilizó el diseño estadístico de Bloques Completos al Azar (DBCA) con 10 tratamientos y 4 repeticiones. El croquis del campo experimental y el detalle de la unidad experimental se presentan en los anexos 8 y 9 respectivamente.

Tratamientos

- 1 = Fitoraz 76 PM sólo c/5 días
- 2 = Fitoraz 76 PM sólo c/10 días
- 3 = Clorotalonil sólo c/5 días
- 4 = Clorotalonil sólo c/10 días
- 5 = Ridomil Gold MZ sólo c/5 días
- 6 = Ridomil Gold MZ sólo c/10 días
- 7 = Fitoraz 76 PM/clorotalonil (estrategia PROINPA para cultivares susceptibles)
- 8 = Ridomil Gold MZ/clorotalonil (estrategia PROINPA para cultivares susceptibles)
- 9 = Testigo con sólo 3 aplicaciones: Fitoraz-clorotalonil-clorotalonil
- 10=Testigo absoluto (sin aplicación).

El inicio y frecuencia de aplicaciones se presenta en el anexo 10.

b. Cuantificación de la esporulación de *P. infestans*

A los 64 dds se colectaron muestras del tratamiento Amarilla Tumbay Testigo absoluto (T10), cuando presentaba un promedio de 97.25% de follaje afectado. Se muestrearon 4 plantas por unidad experimental y 3 folíolos por planta (uno del tercio superior, medio e inferior respectivamente).

A los 77 dds se muestreó el tratamiento Amarilla Tumbay Testigo con 3 aplicaciones (T9), 37 días después de la última aplicación, cuando el promedio de follaje afectado fue de 70%. Se eligieron 4 plantas por unidad experimental y 3 folíolos por planta (uno del tercio superior, medio e inferior respectivamente). La metodología usada para el muestreo, el recuento de esporangios y el procesamiento de los datos fue la misma que se siguió en el Ensayo-1. Para comparar los valores de número de esporangios por cm² entre tercios de la planta se realizó el Análisis de Variancia y la prueba de Comparación Múltiple de Medias de Tukey. Para el análisis de variancia los datos fueron transformados a log₁₀ (Calzada 1970).

También se compararon los valores del número de esporangios entre tercios (superior, medio e inferior) de los tratamientos: Amarilla Tumbay Testigo con 3 aplicaciones (T9) y Amarilla Tumbay Testigo absoluto (T10).

c. Aislamiento de *P. infestans*

Previo a la realización de la prueba de sensibilidad, a los 62 dds en el ensayo 2 se colectaron muestras para efectuar el aislamiento de *P. infestans*.

De cada repetición se muestrearon dos plantas por unidad experimental de los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9. La metodología utilizada para la recolección de muestras y para el aislamiento fue similar a la descrita para el caso del Ensayo-1.

d. Prueba de sensibilidad de *P. infestans* al metalaxil

La metodología utilizada para la realización de la prueba en sí, fue la misma que para el caso del Ensayo-1. Los aislamientos del Ensayo-2 seleccionados para esta prueba se muestran en la tabla 5.

Tabla 5: Aislamientos del Ensayo 2 seleccionados para la Prueba de sensibilidad al metalaxil.

Aislamiento	Tratamientos		
E2-II-1	0 ppm	5 ppm	100 ppm
E2-II-2	0 ppm	5 ppm	100 ppm
E2-II-3	0 ppm	5 ppm	100 ppm
E2-III-4	0 ppm	5 ppm	100 ppm
E2-III-5	0 ppm	5 ppm	100 ppm
E2-III-6	0 ppm	5 ppm	100 ppm
E2-III-7	0 ppm	5 ppm	100 ppm
E2-III-8	0 ppm	5 ppm	100 ppm
E2-III-9	0 ppm	5 ppm	100 ppm

e. Evaluación del crecimiento de la lesión

Con el objeto de obtener información acerca de la tasa de crecimiento de la lesión en condiciones de campo, a los 80 días después de la siembra (dds), se eligieron 4 plantas al azar de los surcos experimentales del tratamiento Amarilla Tumbay Testigo con 3 aplicaciones (T9) del Ensayo 2 cuando el promedio de porcentaje de follaje afectado fue de 70% (observación visual). En cada planta se eligieron 3 folíolos (uno del tercio superior, medio e inferior respectivamente), en cada folíolo, con un sticker se identificó una lesión incipiente y a partir de ese momento se le hizo el seguimiento de su evolución en el transcurso de 4 días mediante la toma de fotografías después de 48 y 96 horas después de la primera observación. Las variables atmosféricas predominantes durante la semana en que se muestreó el crecimiento de la lesión se presenta en el anexo 11.

El crecimiento de la lesión se analizó mediante dos métodos:

1. Con el Programa ASSESS (Imagen Analysis Software for Plant Diseases Quantification) se determinó el área de la lesión en milímetros cuadrados para cada secuencia del crecimiento de la lesión y para cada nivel o tercio de la planta. El área de lesión fue utilizado para calcular el radio de lesión mediante la fórmula $r = (AL/3.1416)^{1/2}$. Con el radio (r) se estimó la tasa de crecimiento lineal de la lesión (TCL) mediante el cálculo de la regresión lineal del radio de la lesión sobre los días sucesivos de mediciones de la misma lesión (Visker *et al.* 2003, Andrade 2000). Las tasas de crecimiento lineal de la lesión (en mm/día)

fueron utilizadas para realizar el análisis de variancia y la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

2. Método de la pesada.- La forma de los folíolos y de las lesiones fueron calcadas de las fotografías a cartulina, luego se recortaron y pesaron por separado con una balanza eléctrica de precisión marca OHAUS, modelo Adventurer. Con los datos de los pesos se calculó el porcentaje del área foliar afectado por la lesión en cada secuencia de tiempo evaluada. Con estos datos se realizó un análisis de Correlación y Regresión entre los porcentajes de Área Foliar Afectado de cada secuencia evaluada y en cada tercio de la planta como variable dependiente y los intervalos de tiempo de cada observación (variable independiente). Se calculó el coeficiente de regresión o la pendiente de la recta de regresión que indica el número de unidades en que varía la variable dependiente (Y) cuando se produce un cambio en una unidad de la variable independiente (X). En este caso, la pendiente de la recta de regresión representaría la tasa de crecimiento de la lesión.

De las 144 fotografías que se tomaron, se eligieron sólo aquellas que mostraban imágenes claras (38 fotografías) de las lesiones muestreadas en sus tres facetas: al momento de la primera observación (00:00 horas), a las 48:00 y a las 96:00 horas después de la primera observación. Las fotografías restantes se descartaron mayormente porque a las 96 horas las lesiones habían distorsionado completamente la forma del folíolo haciéndolas ilegibles o porque en algunos casos durante el período del seguimiento los stickers se desprendieron de la lesión seleccionada siendo imposible identificarlas.

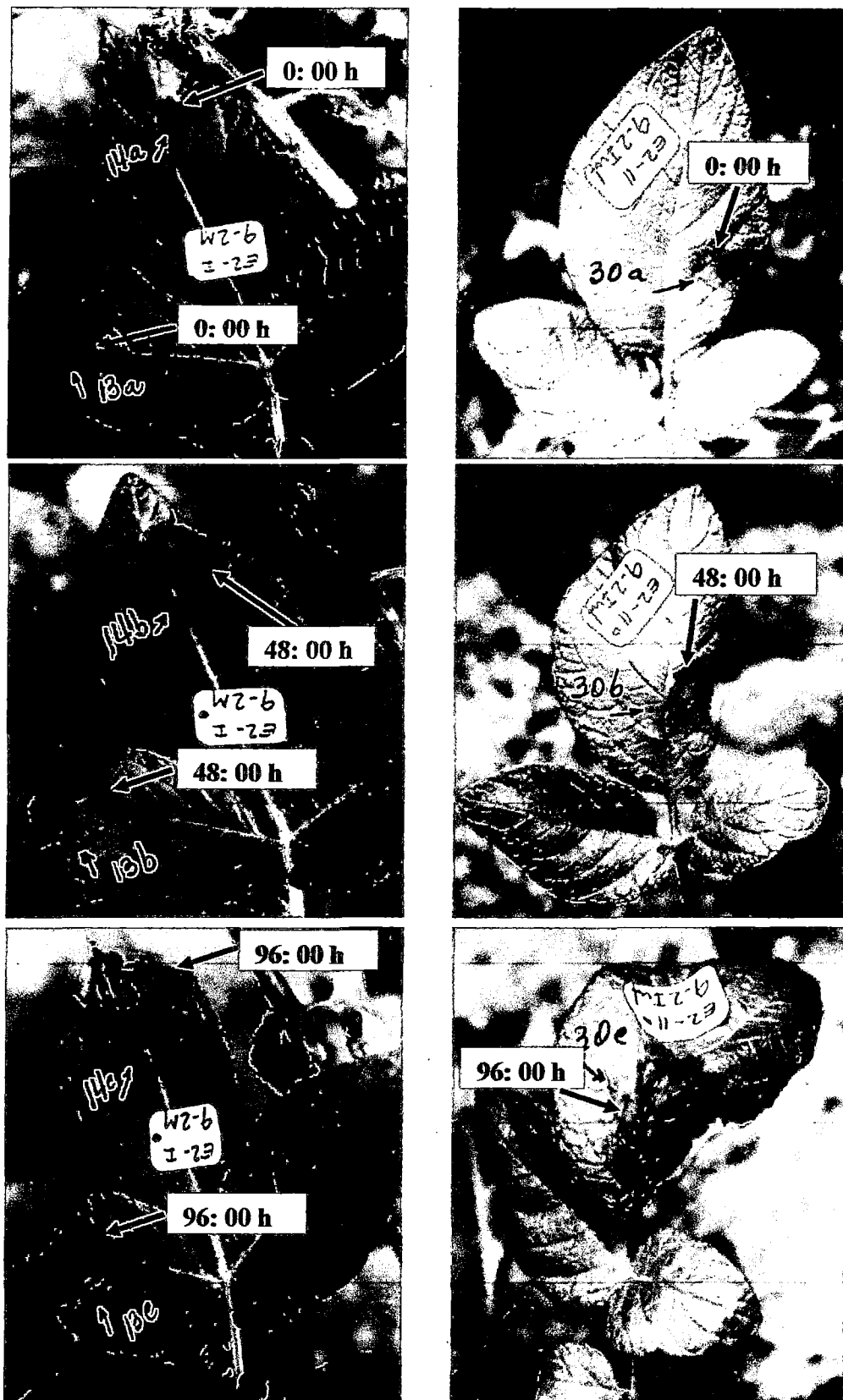


Figura 1: Evaluación del crecimiento de la lesión a las 0, 48 y 96 horas en el cultivar Amarilla Tumbay, Tratamiento 9 (Testigo con 3 aplicaciones). Izquierda:Tercio medio. Derecha: Tercio inferior. Ensayo 2, Mayobamba, Huanuco 2001.

3.5.7 ENSAYO 3:

Programas calendario y estrategia para la integración de resistencia y control químico de la ranca en el cultivar Amarilis

Se establecieron dos programas calendario de aplicaciones de fungicidas y la estrategia de PROINPA para cultivares resistentes (Fernández-Northcote *et al.* 1999, Fernández-Northcote *et al.* 2000, Navia y Fernández-Northcote 1996a) utilizando los fungicidas sistémicos Cimoxanil 6% en mezcla con el fungicida de contacto Propineb 70% (Fitoraz 76 PM, al 0.25%), Mefenoxam (enantiómero más activo de Metalaxil) 4% en mezcla con el fungicida de contacto Mancozeb 64% (Ridomil Gold MZ WP, al 0.25%) y el fungicida de contacto Clorotalonil (Bravo-500, al 0.4%).

En los programas calendario todos ellos fueron aplicados individualmente en frecuencias de cada 5 ó 10 días. Para la estrategia de PROINPA se utilizaron las parejas Fitoraz/Bravo y Ridomil Gold/Bravo a las mismas dosis que cuando se utilizaron individualmente en los programas calendario

a. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con 9 tratamientos y 4 repeticiones. El croquis del campo experimental se muestra en el Anexo 12. Las características de la unidad experimental fueron iguales a las del Ensayo 2.

Tratamientos

- 1 = Fitoraz 76 PM sólo c/5 días
- 2 = Fitoraz 76 PM sólo c/10 días
- 3 = Clorotalonil sólo c/5 días
- 4 = Clorotalonil sólo c/10 días
- 5 = Ridomil Gold MZ sólo c/5 días
- 6 = Ridomil Gold MZ sólo c/10 días
- 7 = Fitoraz 76 PM/clorotalonil (estrategia de PROINPA para cultivares resistentes)
- 8 = Ridomil Gold MZ/clorotalonil (estrategia de PROINPA para cultivares resistentes)
- 9 = Testigo absoluto (sin aplicación)

El inicio y frecuencia de aplicaciones se muestran en el anexo 13.

b. Cuantificación de la esporulación de *P. infestans*

A los 59 dds se muestreó el tratamiento Amarilis testigo absoluto (T9) cuando su promedio de follaje afectado fue de 92.25 %. Se eligieron 4 plantas por parcela y 3 foliolos por planta (uno del tercio superior, del medio e inferior respectivamente). La metodología usada para el muestreo, el recuento de esporangios y el procesamiento de los datos fue la misma que se siguió en el Ensayo 1.

Para comparar los valores de número de esporangios por cm^2 entre tercios de la planta se realizó el Análisis de Variancia y la Prueba de Comparación Múltiple de Medias de Tukey. Para el Análisis de Variancia los datos fueron transformados a \log_{10} (Calzada 1970).

Los valores del número de esporangios por cm^2 por tercios de la planta del tratamiento Amarilis Testigo absoluto (T9) del Ensayo 3, se compararon con los valores del tratamiento Amarilla Tumbay Testigo absoluto (T10) del Ensayo 2.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables atmosféricas

Las condiciones atmosféricas durante el ciclo vegetativo de la papa en los tres ensayos realizados fueron favorables para el desarrollo de la enfermedad desde la siembra hasta la cosecha. Las variables atmosféricas: temperatura, humedad relativa y número de horas de humedad igual o mayor al 90% se registraron mediante una estación meteorológica automatizada tipo Watchdog modelo 450, mientras que la precipitación fue registrada mediante un registrador de eventos HOBO. Así, las observaciones registradas desde el 20 de diciembre de 2000 hasta el 30 de mayo de 2001, período que incluye desde la siembra del primer ensayo hasta 30 días antes de la cosecha del Ensayo 3, nos reportaron que la media diaria de temperatura máxima fue de 19.3 °C, temperatura mínima 10.7 °C, con un promedio de ambas de 14.0 °C. La media diaria del número de horas de humedad relativa igual o mayor al 90% fue de 7.1, mientras que el promedio diario de precipitación fue de 3.9 mm con un acumulado de 650 mm (tabla 6, figura 2). La precipitación se registró durante 170 días a partir de la instalación del primer ensayo (20-12-2000), mientras que las otras variables se registraron también desde ese momento hasta 149 días después.

Tabla 6: Medias diarias de las variables atmosféricas en la estación de cultivo Mayobamba, Huánuco 2001.

Variable atmosférica	Media diaria
Temperatura máxima °C	19.3
Temperatura mínima °C	10.7
Temperatura promedio °C	14.0
Horas de humedad relativa \geq 90%	7.1
Precipitación (mm)	3.9

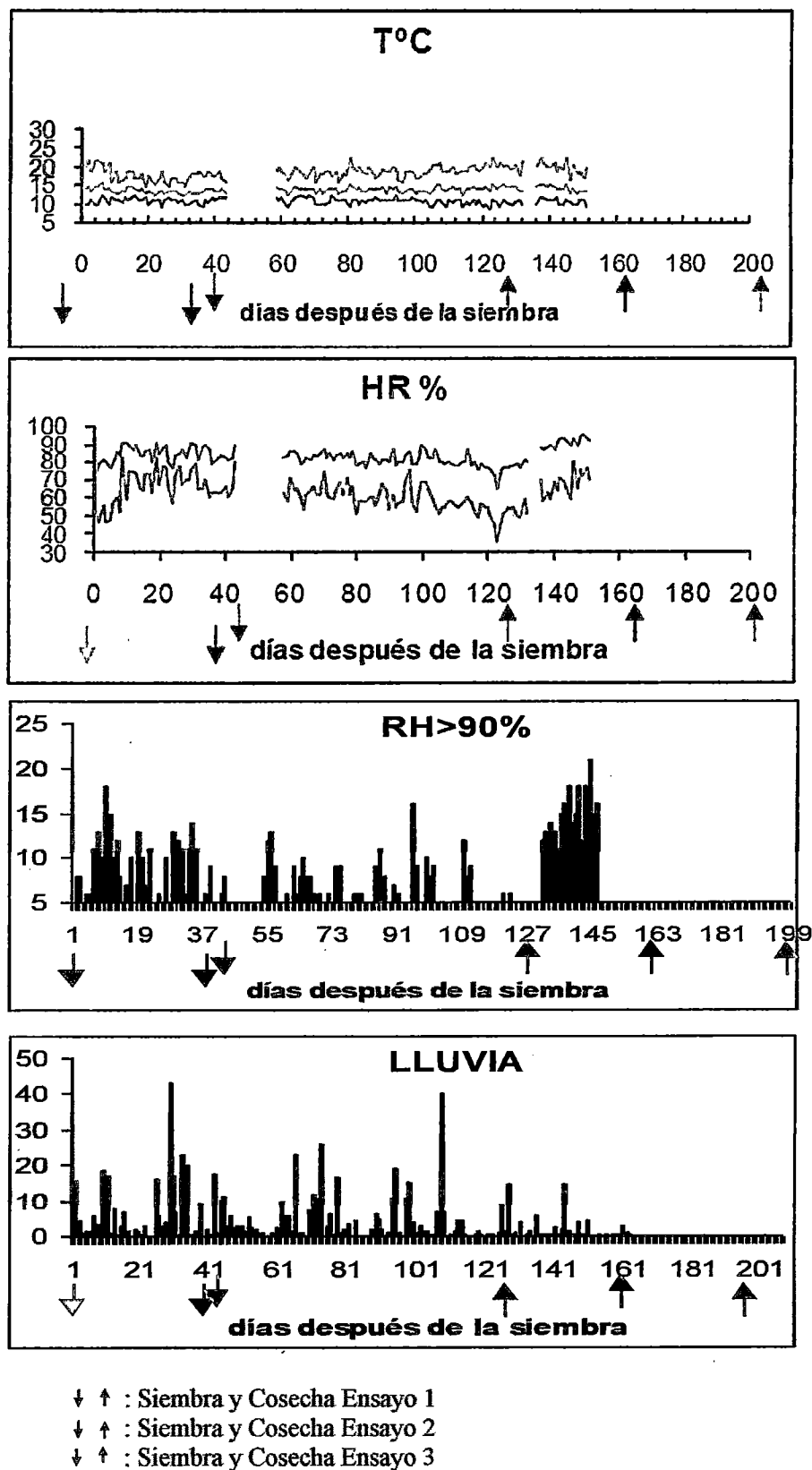


Figura 2: Variables atmosféricas registradas durante el ciclo de cultivo de la papa. Ensayos 1, 2 y 3 Mayobamba, Huánuco 2001.

4.2. ENSAYO 1: Validación de estrategias para la integración de resistencia y control químico de la ranca

4.2.1 Curva de avance de la epidemia

Se realizaron 12 evaluaciones de severidad.

Los testigos absolutos fueron los que mostraron un rápido incremento progresivo en cuanto a valores de porcentaje de área de follaje afectado (figura 3). El tratamiento Amarilis testigo absoluto (T5), fue el más susceptible habiendo alcanzado el 100% de follaje afectado a los 88 días después de la siembra (dds). Le siguió el tratamiento clon CIP 392633.10 testigo absoluto (T7) que sucumbió a los 95 dds; mientras que, el tratamiento clon Negro testigo absoluto (T6), mostró un nivel aceptable de resistencia alcanzando el 100% de follaje afectado recién a los 110 dds.

El tratamiento Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T11), mostró porcentajes de área de follaje afectado por debajo del 10% mientras recibió aplicaciones de fungicidas (hasta los 59 dds) a partir de ese momento la enfermedad inició su curva ascendente hasta alcanzar el 100% de área de follaje afectado a los 102 dds mostrando mayor daño que el testigo absoluto del clon Negro (T6). El tratamiento Canchán testigo con 3 aplicaciones mostró valores de porcentajes de área de follaje afectado relativamente un poco más altos con relación a Amarilla Tumbay con tres aplicaciones, presentando hasta los 59 dds valores por debajo del 15%, a partir de ese momento igualmente la enfermedad inició su ascenso hasta alcanzar el 100% de follaje afectado a los 102 dds mostrando un menor progreso de la enfermedad que en el caso de Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones pero mayor que en el caso del clon Negro testigo absoluto.

Un comportamiento destacable mostró el tratamiento 10 (Canchán testigo con 6 aplicaciones) debido a que hasta los 95 dds los valores de porcentaje de área de follaje afectado estuvieron por debajo del 10%, incrementándose posteriormente estos hasta un 90% recién a los 110 dds, fecha de la última evaluación mostrando un cierto nivel de resistencia en esta etapa.

Los tratamientos 1 (Amarilis con EPCR), 2 (Canchán con EPCR), 3 (clon Negro con EPCR), 4 (clon CIP 392633.10 con EPCR), 8 (Amarilla Tumbay con EPCS) y 9 (Canchán con EPCS) mostraron valores de porcentajes de área de follaje afectado fluctuantes pero por debajo del 10% hasta los 80 dds período en el cual participó en la estrategia el fungicida sistémico, luego hacia las postrimerías del ciclo del cultivo cuando sólo se aplicó el fungicida de contacto los valores se incrementaron en algunos casos hasta un 40% como sucedió en el tratamiento Amarilis con EPCR (T1), 50% en el 2(Canchán con EPCR) y 9 (Canchán con EPCS) y 60% en el 3 (clon Negro con EPCR). El tratamiento 4 (clon CIP 392633.10 con EPCR) mostró el menor porcentaje de follaje afectado presentando sólo el 10% hasta poco antes de los 110 dds.

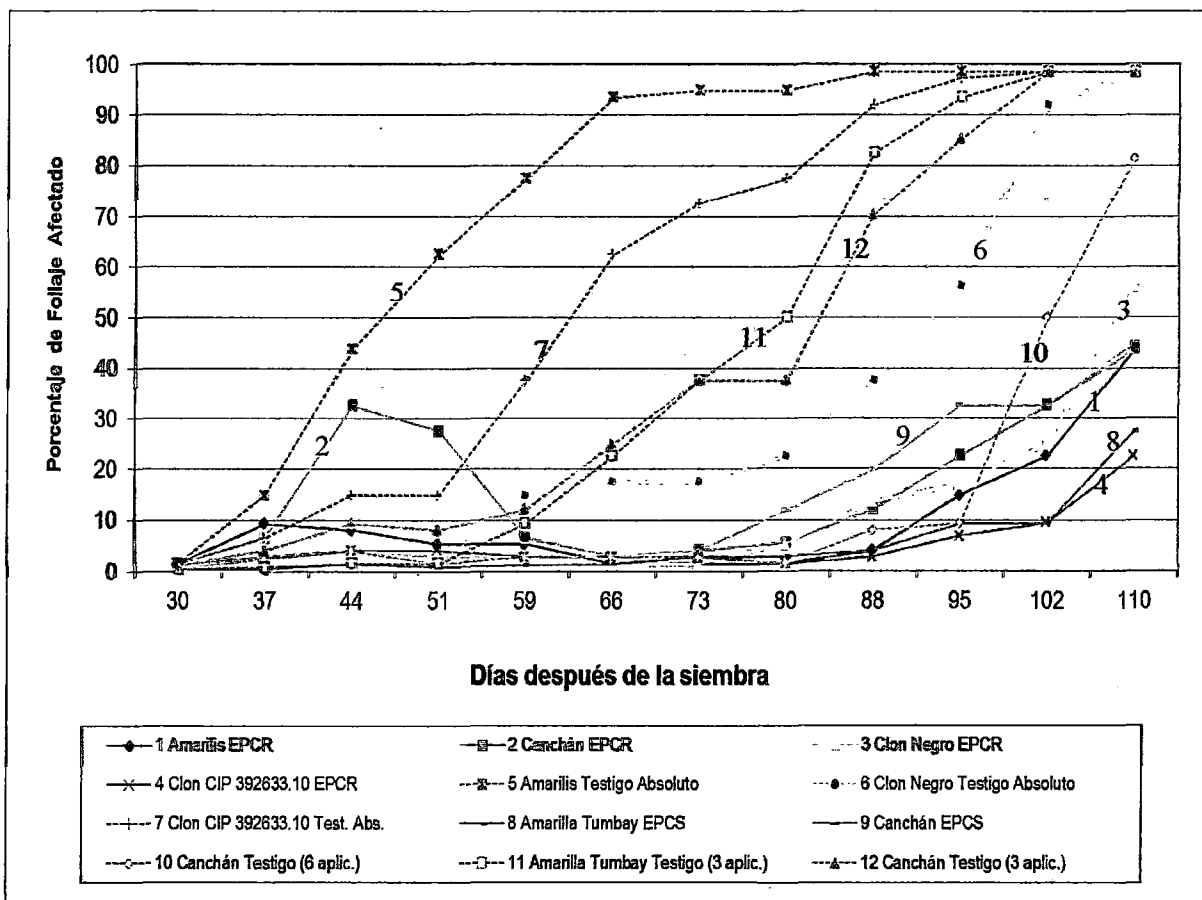


Figura 3: Avance de la epidemia en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay y en los cultivares resistentes bajo las estrategias de PROINPA para el control químico de la ranca. Ensayo-1, Mayobamba, Huánuco 2001.

4.2.2 AUDPC y rendimiento

La estrategia de PROINPA para cultivares susceptibles (EPCS) fue efectiva tanto en el cultivar Amarilla Tumbay como en Canchán, lográndose el AUDPC más bajo en Amarilla Tumbay (figura 4), es decir hubo un mejor control de la enfermedad con 11 aplicaciones de fungicida (anexo 4). Con igual número de aplicaciones el AUDPC fue significativamente superior en el caso de Canchán indicando en términos generales una mayor susceptibilidad. Sin embargo, el rendimiento de Canchán fue superior logrando significativamente un 37% más de rendimiento que Amarilla Tumbay (figura 5).

Cuando a Canchán se le aplicó la estrategia para cultivares resistentes (EPCR) utilizando sólo nueve aplicaciones, se obtuvo valores de AUDPC y rendimiento no diferentes estadísticamente con los obtenidos aplicándole la EPCS, mostrando que aplicando la EPCR se puede reducir las aplicaciones en Canchán.

Sin embargo se observó que Canchán es muy susceptible en sus primeros estadios fenológicos por lo que necesita un tratamiento preventivo como en el caso de los cultivares susceptibles. Esto se pudo observar cuando tanto en Amarilla Tumbay como en Canchán se realizaron tres aplicaciones siguiendo la EPCS. Hasta poco después de la tercera aplicación (alrededor de los 62 dds) el tratamiento fue más efectivo en Amarilla Tumbay que en Canchán. Posteriormente Amarilla Tumbay mostró más susceptibilidad y Canchán mostró tolerancia que se puede traducir al final en un menor número de aplicaciones necesarias. Esto se hizo evidente cuando se le aplicó la EPCS pero sólo con seis aplicaciones, obteniéndose un AUDPC estadísticamente no diferente que cuando se realizan 11 aplicaciones con la misma estrategia (EPCS), pero si menor significativamente con el AUDPC obtenido siguiendo la EPCR que requirió un mayor número de aplicaciones (nueve) debido a que la primera aplicación siguiendo la EPCR no es preventiva sino cuando se observan los primeros síntomas lo cual ya es tarde para un buen control de la enfermedad en Canchán requiriéndose por lo tanto un mayor número de aplicaciones para lograr al final un mejor control de la ranca.

Los testigos absolutos del clon CIP 392633.10 y Amarilis, mostraron el AUDPC más alto. El AUDPC obtenido con el clon Negro fue significativamente más bajo que en el caso del clon CIP 392633.10 y Amarilis indicando un nivel de resistencia más alto.

Al igual que Canchán, Amarilis se muestra muy susceptible en sus primeros estadios fenológicos (figura 3). Por el contrario, el clon Negro mostró su alto nivel de resistencia desde sus primeros estadios fenológicos.

La EPCR fue más efectiva en el caso de Amarilis, el clon CIP 392633.10 y el clon Negro, que en el caso de Canchán que obtuvo un AUDPC significativamente más alto (figura 4). Con un AUDPC estadísticamente no diferente el clon CIP 392633.10 rindió más que Amarilis y el clon Negro. También rindió más que Canchán mostrando su alto potencial productivo. Así como Canchán, Amarilis y el clon CIP recibieron nueve aplicaciones con la EPCR; mientras que, el clon Negro más resistente recibió sólo seis aplicaciones (anexo 4). Este clon probablemente hubiera recibido aún menos aplicaciones que las utilizadas debido a que hubo un período en el que después de una aplicación del fungicida de contacto se esperó mucho tiempo (23 días) para las condiciones reinantes muy favorables para la ranca (anexo 4, figura 3), antes de la siguiente aplicación de un fungicida sistémico (se estuvo tratando de determinar cuanto más podría esperar este clon antes de una siguiente aplicación).

En cuanto al rendimiento de categoría primera (figura 6, tabla 7, anexos 14 y 15), el tratamiento 4 (Clon CIP-392633.10) superó significativamente a los demás tratamientos. Le siguieron en orden de mérito los tratamientos 2 (Canchán EPCR) y 1 (Amarilis EPCR) siendo no diferentes estadísticamente entre ellos.

Los últimos lugares correspondieron a los tratamientos 5 (Amarilis Testigo absoluto) y 11 (Amarilla Tumbay Testigo con 3 aplicaciones), mostrando ser estadísticamente iguales a los tratamientos 6 (Clon Negro Testigo absoluto), 12 (Canchán Testigo con 3 aplicaciones), y al 7 (Clon CIP 392633.10 Testigo absoluto).

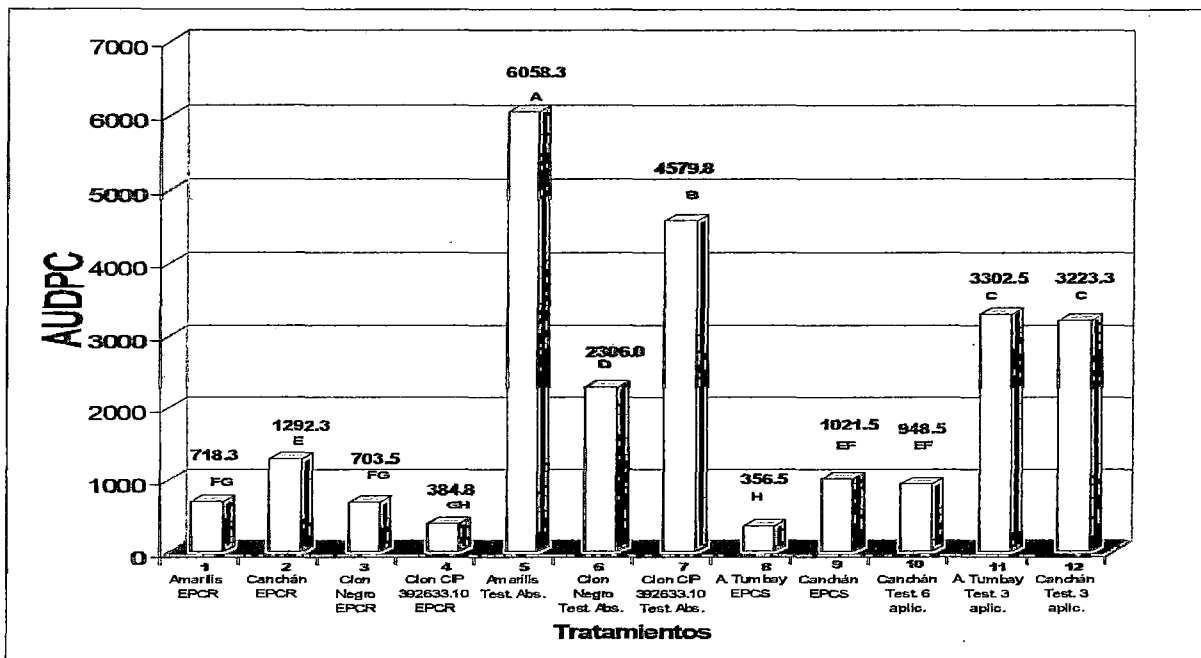


Figura 4: AUDPC bajo 12 tratamientos para el control químico de la ranca. Los valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($P=0.05$). Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001.

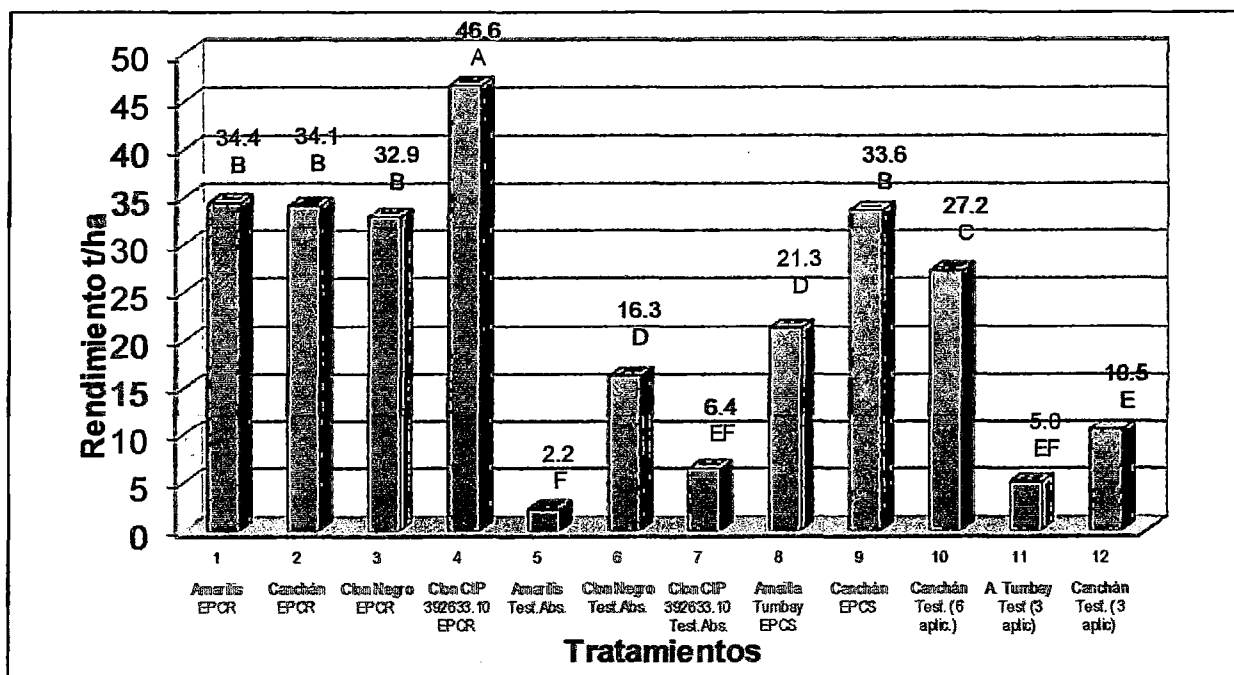


Figura 5: Rendimiento total (t/ha) en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay y en los cultivares resistentes bajo las estrategias de PROINPA para el control químico de la ranca. Los valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($P = 0.05$). Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001.

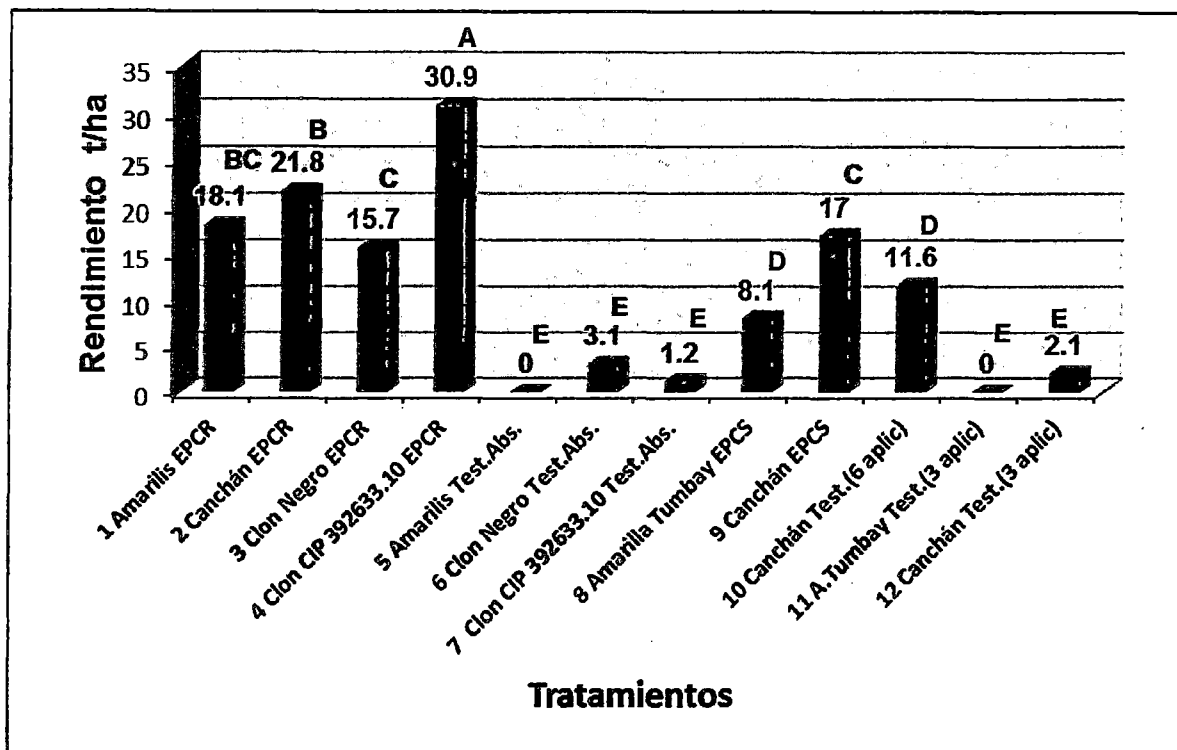


Figura 6: Rendimiento de categoría primera (t/ha) en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay y en los cultivares resistentes bajo las estrategias de PROINPA para el control químico de la ranca. Los valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($P = 0.05$). Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001.

Se confirmó que la estrategia de PROINPA para cultivares susceptibles con 11 aplicaciones de fungicida fue efectiva y eficiente para el control de la ranca en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay mostrando valores muy bajos de AUDPC y mayores rendimientos (21 t/ha, de las cuales 8 t fueron de categoría primera) (tabla 7) con respecto a su testigo con tres aplicaciones utilizado en el ensayo, así como con relación a la práctica local de los agricultores quienes en la misma época del presente ensayo utilizaron entre 16 y 20 aplicaciones y obtuvieron rendimientos menores (14 t/ha), según las encuestas que se realizaron en la zona del ensayo. Con la aplicación de la estrategia para cultivares susceptibles y una mejor calidad y tratamiento de semilla es posible que se pueda incrementar aún más la producción del cultivar Amarilla Tumbay en esta zona. Resultados similares fueron reportados por Trujillo (1998) en Bolivia, aplicando la Estrategia de PROINPA para el Control Químico del tizón en Cultivares Susceptibles (EPCS) en el cultivar susceptible Waycha.

Se obtuvo una reducción en el uso de fungicidas entre el 30-50% con relación a la práctica local. Los rendimientos obtenidos en un período vegetativo de sólo cuatro meses (a mayor altura es de seis meses) fueron muy satisfactorios para la época del año en que se desarrolló el ensayo muy favorable para la epidemia de ranchara y por la altura (2510 msnm) a la cual se desarrolló el cv. Amarilla Tumbay. Normalmente los agricultores prefieren cultivarla a mayores alturas por considerarlo un mejor nicho tal como lo manifiesta Egúsqiza (2000).

La estrategia de PROINPA para cultivares resistentes fue también efectiva y eficiente para el control de la ranchara, lográndose valores muy bajos de AUDPC y un ahorro entre el 18 y 55% en el número de aplicaciones que se requieren para el buen control de la ranchara en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay siguiendo la estrategia de PROINPA para cultivares susceptibles y del 44 al 70% con relación a la práctica local. El empleo de la estrategia mostró que es necesario complementar la resistencia con control químico.

Las estrategias permitieron un uso racional de fungicidas utilizándolos a las dosis apropiadas y en el momento oportuno con relación al desarrollo de la planta y su efecto en el ciclo de vida del patógeno.

Los cultivares Canchán y Amarilis liberados como resistentes en 1990 y 1993, respectivamente, muestran al presente un nivel de resistencia bajo lo que no permite un ahorro significativo en el uso de fungicidas bajo condiciones favorables para la ranchara. Además, muestran una marcada susceptibilidad en los primeros estadios del desarrollo de las plantas cuando no están protegidos. Esto probablemente se debe a la metodología utilizada en el CIP para su selección como resistentes.

La estrategia de PROINPA es apropiada para niveles de resistencia como la del clon Negro que permite que la primera aplicación sea como el agricultor lo desea, es decir, cuando se vean los primeros síntomas y las siguientes conforme avance la enfermedad, el cual es lento por un nivel de resistencia como la del clon Negro. En este clon la enfermedad comenzó cuando no estuvo protegido unas dos semanas después que en el caso de Amarilis y el clon CIP 392633.10. Sólo bajo estas condiciones se logra el objetivo de reducir significativamente el número de aplicaciones de fungicidas.

En el clon Negro se logró reducir las aplicaciones entre un 62 al 70% de lo que realiza localmente el agricultor en cultivares como Amarilla Tumbay o Canchán protegiendo así su economía, salud y al medio ambiente. Su potencial de rendimiento está todavía por determinarse mejorando el control de la ranca, ya que en el presente trabajo la producción fue afectada al tratar de determinar cuan largo podría ser el intervalo de aplicaciones en este clon.

El clon CIP 392633.10 con la estrategia para cultivares resistentes, si bien no mostró un nivel aceptable de resistencia, respondió satisfactoriamente a la aplicación de la estrategia con nueve aplicaciones dando un rendimiento alto de 46.6 t/ha, de las cuales 30.9 t correspondieron a papa de categoría primera.

En esta primera experiencia para la validación de las estrategias de PROINPA para cultivares susceptibles bajo condiciones de Huánuco, se ajustó la primera aplicación del fungicida sistémico desdoblándola en dos subaplicaciones, una al 50% y otra al 100% de la emergencia. Esto debido a la calidad de la semilla del agricultor disponible comúnmente. Con una mejor calidad de semilla habrá que evaluar si la primera aplicación se realiza sólo al 80% de emergencia.

Las condiciones para la incidencia de la ranca fueron altamente favorables debido al alto número de horas con humedad relativa por encima del 90% y lluvias frecuentes durante el día. Bajo estas condiciones tanto la estrategia para cultivares susceptibles como para resistentes necesita ser todavía ajustada a las condiciones locales.

Bajo la estrategia de PROINPA para cultivares resistentes el clon CIP 392633.10 se mostró muy promisorio con el más alto rendimiento (46.6 t/ha), 66% de tubérculos de categoría primera y menor AUDPC con nueve aplicaciones de fungicidas.

Al analizar los rendimientos de categoría primera (figura 6), observamos que existe una tendencia a ratificar su posición en el orden de mérito respecto al Rendimiento Total (RT). En esta oportunidad el tratamiento 4 (Clon CIP 392633.10 EPCR) al igual que para RT (46.6 t/ha), superó significativamente a los demás tratamientos con 30.925 t/ha. En el segundo lugar se ubicó el tratamiento 2 (Canchán

EPCR) con 21.775 t/ha, el mismo que ocupó el tercer lugar en RT con 34.1 t/ha, mientras que el tratamiento 1 (Amarilis EPCR) que en RT ocupó el segundo lugar con 34.4 t/ha pasó a un tercer lugar con 18.125 t/ha de primera siendo significativamente no diferente del tratamiento 2. La mayoría de los demás tratamientos como el 9, 3, 10, 8, 6, 12 y 7 mantuvieron sus posiciones mostradas respecto al RT: 4°, 5°, 6°, 7°, 8°, 9° y 10° lugar respectivamente. Se puede deducir que para este ensayo el rendimiento de primera estuvo directamente corelacionado al rendimiento total.

Tabla 7: Rendimiento por categorías de tubérculos expresados en t/ha y en %. Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001.

TRATAMIENTO	CATEGORIA								PESO TOTAL t/ha *
	PRIMERA		SEGUNDA		TERCERA		CUARTA		
	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	
1: Fit – Bra	18.1	52.6	6.6	19.2	5.1	14.7	4.5	13.1	34.4
2: Fit – Bra	21.8	63.9	5.5	16.2	3.3	9.7	3.5	10.2	34.1
3: Fit – Bra	15.7	47.7	8.4	25.4	4.7	14.3	4.2	12.9	32.9
4: Fit – Bra	30.9	66.2	8.8	19.0	4.3	9.3	2.6	5.5	46.6
5: Testigo abs.	-	-	-	-	-	-	2.2	100	2.2
6: Testigo abs.	3.1	18.8	3.4	21.1	4.6	28.5	5.2	31.8	16.3
7: Testigo abs.	1.2	18.8	0.9	14.5	1.8	28.0	2.6	39.5	6.5
8: Fit – Bra	8.1	38.0	5.7	26.7	4.2	19.6	3.4	16.2	21.3
9: Fit – Bra	17.0	50.7	7.6	22.7	4.7	14.1	4.2	12.6	33.6
10: Test.6 aplic.	11.6	42.7	7.2	26.7	4.8	17.6	3.6	13.1	27.2
11: Test.3 aplic.	-	-	0.6	11.5	1.3	25.5	3.2	64.0	5.0
12: Test.3 aplic.	2.1	20.2	2.0	19.2	3.0	29.0	3.3	32.0	10.5

* Sin considerar daños por ranca, podredumbre blanda, insectos.

4.2.3 Cuantificación de la esporulación

Debido a que los valores originales de número de esporangios por cm² fueron muy altos, dispersos y mostraron mucha variabilidad, para el análisis de variancia los datos fueron transformados a log₁₀ (Calzada 1970).

En el Ensayo 1, se encontraron diferencias estadísticas significativas al comparar el número de esporangios por cm² del tercio superior de los tratamientos Clon negro testigo absoluto (T6) y Canchán testigo con 6 aplicaciones (T10). Los resultados

se muestran en la tabla 8 y anexos 16 y 17. El número de esporangios por lesión (1.5 cm²) y por cm² en los diferentes ensayos y tratamientos; datos originales y número de esporangios por cm² transformados a log10 se presentan en la tabla 9.

Tabla 8: Comparación de medias (Tukey P = 0.05) para número de esporangios por cm² entre los tratamientos: Clon negro testigo absoluto (T6) y Canchán testigo con 6 aplicaciones (T10). Tercio superior. Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001.

Tratamientos	Nº de esporangios por cm ² (1)
T10 (Canchán Testigo con 6 aplic.)	71,875 a (2)
T6 (Clon negro Testigo absoluto)	24,792 b

(1) Para el análisis de variancia estos valores fueron transformados a log10

(2) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Tukey (P = 0.05).

Tabla 9: Número de esporangios por lesión (1.5 cm²) y por cm² en los diferentes ensayos y tratamientos. Datos originales y número de esporangios por cm² transformados a log10.

Tratamiento	Tercio de la planta	Datos originales		Datos transf. A log10
		Número de esporangios por 1.5 cm ²	Número de esporangios por cm ²	Número de esporangios por cm ²
ENSAYO-1				
T6 (Clon negro Testigo absoluto)	superior	37, 188	24, 792	4.386
T10 (Canchán Testigo 6 aplic.)	superior	107, 813	71, 875	4.813
ENSAYO-2				
T9 (A.Tumbay Testigo 3 aplic.)	superior	72,000	48, 000	4.674
T9 (A.Tumbay Testigo 3 aplic.)	medio	66, 000	44, 000	4.577
T9 (A.Tumbay Testigo 3 aplic.)	inferior	55, 000	36, 667	4.512
T10 (A. Tumbay Testigo absoluto)	superior	101, 875	67, 917	4.728
T10 (A. Tumbay Testigo absoluto)	medio	88, 750	59, 167	4.590
T10 (A. Tumbay Testigo absoluto)	inferior	122, 188	81, 458	4.893
ENSAYO-3				
T9 (Amarilis Testigo absoluto)	superior	112, 500	75, 000	4.796
T9 (Amarilis Testigo absoluto)	medio	85, 313	56, 875	4.694
T9 (Amarilis Testigo absoluto)	inferior	149, 063	99, 375	4.952

Deadman (1998) y Raymundo (2004) reportaron que establecer una relación directa entre la cantidad de esporangios y el área lesionada por ranchara, es dificultoso debido a los factores ambientales en campo abierto. En la ejecución del presente trabajo se pudo comprobar que además de los factores ambientales, se presentan otros inconvenientes que hacen difícil evaluar esta variable en condiciones de campo. Los problemas comienzan desde el inicio del muestreo, ya que una vez elegida la lesión los folíolos son relativamente grandes para ser introducidos dentro de los viales motivo por el cual deben ser recortados; durante la manipulación de la muestra para introducirla

dentro del vial se corre el riesgo de que se produzca desprendimiento de esporangios; luego, durante el transporte de los viales tanto hacia el campo como desde el campo hacia el laboratorio muchos viales se destapan, con la inminente pérdida de la solución preservante y de esporangios (los viales se transportaron desde el campo, Huánuco hasta Lima). Otro inconveniente se produce cuando se extrae el tejido foliar del vial por cuanto es muy probable que al extraerse salgan también muchos esporangios adheridos al tejido foliar. Sin embargo, pese a las dificultades que se presentaron, los valores obtenidos respecto al número de esporangios por lesión (1.5 cm^2) que luego se convirtieron a número de esporangios por cm^2 nos sirvieron para comparar dichos resultados con los reportados por otros investigadores.

La diferencia estadística significativa encontrada para número de esporangios por cm^2 entre el tratamiento clon negro testigo absoluto (T6) y Canchán testigo con 6 aplicaciones (T10) se explicaría por el diferente nivel de resistencia que poseen ambos tratamientos. El clon negro mostró tener un nivel de resistencia aceptable al presentar menor cantidad de esporulación (24792 esporangios por cm^2) aún sin recibir ninguna aplicación, mientras que el cultivar Canchán testigo con 6 aplicaciones presentó 71875 esporangios por cm^2 . Por otra parte, el clon negro con EPCR mostró un AUDPC de 703.5 con sólo 6 aplicaciones, mientras Canchán testigo también con 6 aplicaciones presentó un AUDPC de 948.5. Por estos antecedentes, la menor cantidad de esporangios que mostró el clon negro testigo absoluto pudo deberse a la manifestación en mayor magnitud de uno de sus componentes de resistencia horizontal, en este caso la resistencia a la reproducción (Parlevliet 1979).

Comparando con los resultados obtenidos por Bashi *et al.* (1982) contabilizados en la etapa de crecimiento acelerado de la epidemia en campos de Israel durante tres años, la cantidad de esporangios por lesión obtenidos en primavera fluctuó entre 6 a 29 mil esporangios por lesión y en otoño de 56 a 141 mil esporangios por lesión. En el presente estudio la cantidad de esporangios fluctuó entre 24792 y 99375 esporangios por cm^2 .

4.2.4 Aislamiento de *P. infestans*

Muestreo.- Los folíolos muestreados que se recolectaron en bolsas de polietileno llegaron al laboratorio en buenas condiciones, no perdieron humedad durante

su transporte. Los foliolos muestreados que fueron colocados dentro de placas Petri conteniendo AA (Agar-Agua) llegaron al laboratorio en óptimas condiciones, mostrando una mayor esporulación sobre los foliolos.

El método de la placa Petri con medio AA es eficiente pero requiere mayor inversión y espacio para su transporte, mientras que utilizando las bolsas de polietileno no hay mucha inversión y ocupa menos espacio para su transporte, siendo también eficiente.

4.2.5 Prueba de sensibilidad de *P. infestans* al metalaxil

En las zonas de producción de papa en las que la incidencia de *P. infestans* es muy alta y ha habido un mal manejo del fungicida, las aplicaciones con metalaxil no aseguran un buen control de la racha; esto, debido a que el uso intensivo del fungicida ha provocado resistencia del patógeno (Egúsqüiza y Apaza 2001). Una forma de conocer este comportamiento poblacional es mediante la prueba de sensibilidad al metalaxil.

Cuando los aislamientos de *P. infestans* procedentes de los Ensayos 1 y 2 instalados en Mayobamba fueron sometidos a la prueba de sensibilidad ante el metalaxil en condiciones de laboratorio, los resultados indicaron que el 100% mostraron ser resistentes a este fungicida tanto a la concentración del 5 y 100 ppm.

Los nueve aislamientos de *Phytophthora infestans* del Ensayo-1, y nueve del Ensayo-2 procedentes de Mayobamba (Huánuco), mostraron crecimiento micelial en medio V8 con metalaxil a las concentraciones de 5 y 100 ppm incubados a 18°C demostrando ser resistentes a este fungicida. La prueba de sensibilidad *in vitro* indicó que en todos los aislamientos, el crecimiento radial de la colonia medido en las concentraciones de 5 y 100 ppm superaron al 40% del crecimiento radial de la concentración testigo 0.0 ppm. Asimismo, el control resistente (aislamiento POX 74-CIP) desarrolló normalmente en V8 en las dos concentraciones de metalaxil, al igual que en el testigo sin fungicida, mientras que el control sensible (aislamiento 228-CIP) sólo desarrolló en el medio V8 sin metalaxil, en cambio en el medio enmendado con metalaxil a las concentraciones de 5 y 100 ppm su desarrollo fue inhibido (tabla 10).

Tabla 10: Crecimiento radial promedio (mm) de la colonia de aislamientos de *P. infestans* según la prueba de sensibilidad al metalaxil-r. Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001.

N°	Aislamiento	Concentración de metalaxil-r en medio V8 enmendado				Tipo de reacción		
		0 ppm Radio (mm)	0 ppm 40% (mm)	5 ppm Radio (mm)	100 ppm Radio (mm)	Resistente	Mod. Resistente	Sensible
1	E1-I-1	39	15.6	27	27	X		
2	E1-II-2	20	8.0	19	21	X		
3	E1-I-3	14	5.6	20	24	X		
4	E1-IV-3	27	10.8	30	29	X		
5	E1-IV-4	26	10.4	28	25	X		
6	E1-IV-6	27	10.8	28	28	X		
7	E1-III-8	24	9.6	24	25	X		
8	E1-IV-9	26	10.4	26	30	X		
9	E1-III-10	21	8.4	20	23	X		
10	228	35	14.0	0.0	0.0			X
11	POX 74	27	10.8	30	26	X		

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Flores (2007) quien señala que de los 30 aislamientos colectados de diferentes campos atacados por rancho de las localidades de Mayobamba y Chaglla, e igualmente los 24 aislamientos de su Experimento I colectados a los 83 dds como los 25 aislamientos colectados a los 110 dds en Mayobamba, el 100% mostró resistencia al metalaxil-M según la prueba de sensibilidad in-vitro. En comparación, Raymundo (1998) determinó que de 75 aislamientos de *P. infestans* provenientes de Comas, Cuzco y Puno, el 82.7% fueron resistentes al metalaxil, el 12% susceptibles y el 5.3% moderadamente resistentes. Estos resultados indican que existe una población del patógeno con resistencia al metalaxil-M que debería ser manejada mediante una estrategia que limite dicho comportamiento frente a este fungicida.

El año 2003 se realizó otra prueba de sensibilidad de 12 aislamientos procedentes de plantas infectadas por rancho, en los cultivares Amarilla Tumbay y Canchán de un ensayo realizado en el mismo lugar donde anteriormente se efectuaron los ensayos correspondientes al presente estudio, utilizando como ingrediente activo metalaxyl-M con una pureza de 95.9% proporcionado por el Centro Internacional de la Papa. La metodología utilizada fue la misma que en el caso anterior. Los resultados indicaron que de los 12 aislamientos probados, el aislamiento C-38 presentó una

resistencia intermedia mientras que los 11 restantes mostraron ser resistentes al metalaxyl (tabla 11).

Tabla 11: Crecimiento radial promedio (mm) de la colonia de aislamientos de *P. infestans* según la prueba de sensibilidad al metalaxil-M. Colección de Mayobamba, Huánuco (2003).

N°	Aislamiento	Concentración de metalaxil-M en medio V8 enmendado				Tipo de reacción		
		0 ppm Radio (mm)	0 ppm 40% (mm)	5 ppm Radio (mm)	100 ppm Radio (mm)	Resistente	Mod. Resist.	Sensible
1	C-8	10.0	4.0	10.0	9.5	X		
2	C-4	15.3	6.1	12.6	13.1	X		
3	AT-33	4.5	1.8	10.1	6.8	X		
4	AT-36	11.9	4.8	10.0	10.3	X		
5	C-38	12.1	4.9	7.9	3.5		X	
6	AT-34	7.0	2.8	10.8	9.6	X		
7	AT-37	4.5	1.8	11.5	9.8	X		
8	AT-32	12.1	4.9	9.9	9.3	X		
9	AT-30	10.6	4.3	8.9	7.5	X		
10	AT-29	10.9	4.4	11.0	10.4	X		
11	C-26	11.0	4.4	6.6	9.1	X		
12	C-14	12.4	5.0	5.1	10.5	X		

AT: cultivar Amarilla Tumbay

C: cultivar Canchán

Aunque se desconocen o no existen estudios publicados sobre resistencia de *P. infestans* al metalaxil en las principales zonas productoras de papa del departamento de Huánuco, es evidente que en ellas se generó la aparición de poblaciones resistentes a este fungicida como consecuencia de su uso indiscriminado, sin ningún criterio técnico sobre la dosis y frecuencias de aplicación, así como su uso continuado a lo largo de cada campaña lo cual creó una fuerte presión de selección del patógeno. Sin embargo, ¿Cómo podríamos explicar la funcionalidad y efectividad del Ridomil Gold cuando fue utilizado como un componente dentro de la estrategia propuesta por PROINPA y cuando fue aplicado intencionalmente en Programas Calendario cada cinco días?, Al respecto, lo más probable es que haya sucedido lo señalado por Gisi y Cohen (1996) quienes refieren que las poblaciones resistentes pueden revertir a susceptibles después de que el factor de selección (metalaxil) deja de ser usado por algún tiempo. Como en Huánuco se dejó de utilizar metalaxil por un largo período de aproximadamente diez años probablemente la población de *P. infestans* al presente, esté conformada por individuos aún resistentes y otros que revirtieron a sensibles.

La eficacia mostrada por Ridomil Gold tanto en las estrategias validadas como en aplicaciones calendario se debería a la presencia de la nueva molécula incorporada en su nueva formulación denominada mefenoxam. Los resultados de la primera prueba (2001) pueden justificarse si tenemos en cuenta lo reportado por Pérez W. (comunicación personal) quien manifiesta que el producto Sudbue 2E que se utilizó en dicha prueba (Ensayos 1 y 2) contenía como ingrediente activo metalaxil.

Fernández-Northcote (comunicación personal) refiere que los resultados en laboratorio no son del todo confiables con relación al comportamiento de los fitopatógenos en campo.

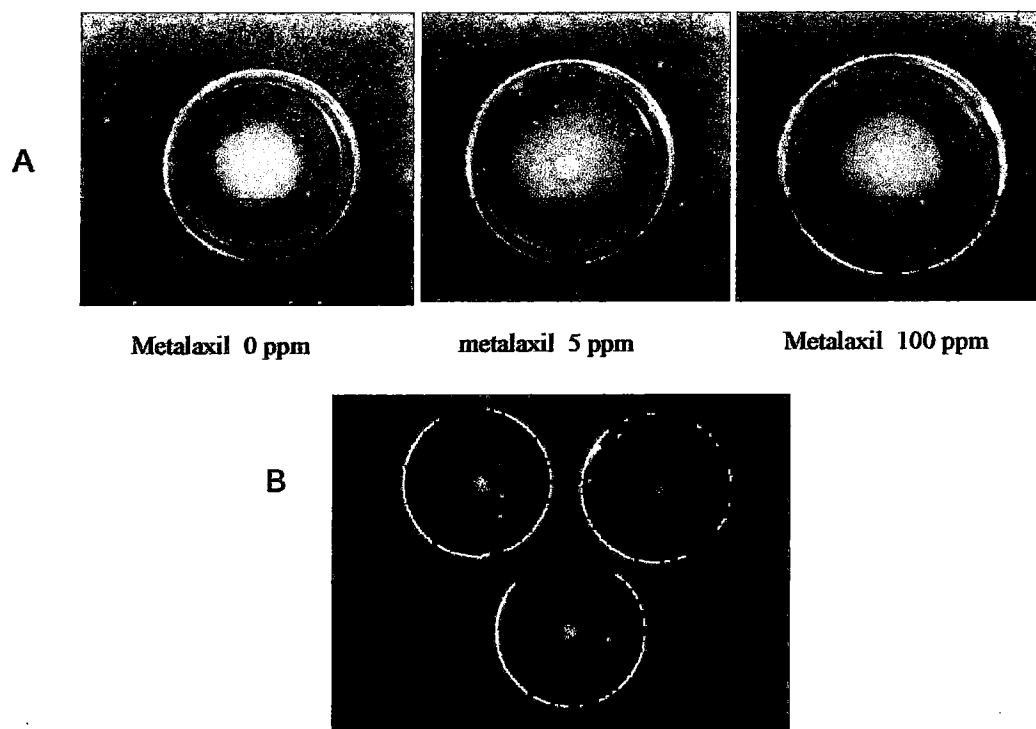


Figura 7: A y B prueba de sensibilidad al metalaxil de aislamientos de *P. infestans* colección de Mayobamba. Obsérvese el crecimiento miceliar en el control (sin metalaxil) como en las concentraciones de 5 y 100 ppm. Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001.

4.2.6 Análisis económico

El análisis económico del rendimiento total, estableció que los mayores Beneficios Netos se obtuvieron con los tratamientos que recibieron la estrategia para cultivares resistentes, así los tratamientos: 4 (Clon CIP – 392633.10 EPCR), 3 (Clon Negro EPCR), 1 (Amarilis EPCR), y 2 (Canchán EPCR), mostraron un BN proyectado de \$/ha 3835.41, 2772.264, 2580.56, y 2549.70 respectivamente (tabla 12). Estos

resultados nos permiten deducir que la integración de la resistencia con la estrategia para el control químico del tizón en cultivares resistentes desarrollada por PROINPA nos permitirá obtener mayores ingresos netos, siempre que el cultivar tenga un nivel de resistencia aceptable y un potencial de rendimiento también aceptable, lo cual no sucedió con el cultivar Amarilla Tumbay en el cual, si bien la EPCS fue efectiva, los ingresos netos no fueron sobresalientes debido a que su potencial de rendimiento es bajo. Estos resultados coinciden con los reportados por Trujillo (1988), quien al estudiar el efecto de cultivares resistentes en el control químico del tizón en el cultivar susceptible Waych'a empleando la estrategia de PROINPA en Bolivia, determinó que en los cultivares resistentes el mayor beneficio neto se obtuvo con el cultivar Perla con un valor de 39358 Bs/ha, seguido del cultivar Runa Toralapa con 36018 Bs/ha, y finalmente el cultivar Robusta con 31158 Bs/ha con dos aplicaciones en todos los casos, mientras que el cultivar susceptible Waych'a que recibió siete aplicaciones tuvo un beneficio neto de 28432 Bs/ha, inferior al de los cultivares resistentes.

Tabla 12: Análisis económico parcial (US dólares/ha) de la validación de estrategias para la integración de resistencia y control químico de la ranca de la papa considerando el rendimiento total. Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001.

Tratamiento	Nº de aplic.	Rend. (t/ha) *	Costo Parcial (\$/ha) (CP)**	Beneficio Bruto (\$/ha) (BB)***	Beneficio Neto (\$/ha) (BN)***
4 : Clon CIP 392633.10 EPCR	9	41.94	957.73	4793.14	3835.41
3 : Clon Negro EPCR	6	29.61	611.736	3384.00	2772.264
1 : Amarilis EPCR	9	30.96	957.73	3538.286	2580.56
2 : Canchán EPCR	9	30.69	957.73	3507.429	2549.70
9 : Canchán EPCS	11	30.24	1172.094	3456.00	2283.906
10 : Canchán Testigo 6 aplicaciones	6	24.48	529.223	2797.714	2268.491
6 : Clon Negro Testigo Absoluto	0	14.67	0.0	1676.571	1676.57
8 : A. Tumbay EPCS	11	19.17	1172.094	2738.571	1566.477
12 : Canchán Testigo 3 aplicaciones	3	9.45	247.41	1080.00	832.59
7 : Clon CIP 392633.10 Testigo Abs.	0	5.85	0.0	668.571	668.57
11 : A. Tumbay Testigo 3 aplic.	3	4.50	247.41	642.857	395.45
5 : Amarilis Testigo Absoluto	0	1.98	0.0	226.286	226.29

* Rendimiento total considerando un 10% de pérdida de la cosecha.

** Incluye costo de fungicidas, adherente y costo de aplicación.

*** Precio de papa blanca S/. 0.40 Kg y papa amarilla S/. 0.50 Kg en chacra. Tipo de cambio S/. 3.5 por \$.

4.3 ENSAYO 2: Programas calendario y estrategia de control químico de la ranca en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay

4.3.1 Curva de avance de la epidemia

Se realizaron 10 evaluaciones de severidad.

La ranca se presentó tan pronto las plantas emergieron a la superficie del suelo. Es así que a los 15 días después del 100% de la emergencia (41 dds) todos los tratamientos mostraron síntomas de la enfermedad. El tratamiento 10 (Amarilla Tumbay testigo absoluto) mostró el porcentaje de área de follaje afectado más alto que los demás tratamientos al momento de la primera evaluación 41 días después de la siembra (dds) (figura 8). La epidemia desarrolló rápidamente en el control absoluto llegando al 100% de follaje afectado a los 51 días después del 50% de emergencia (dde) que correspondió a 71 dds.

El control que recibió sólo tres aplicaciones (T9) siguiendo la estrategia de PROINPA tuvo una menor incidencia de ranca (por debajo del 10%) que los tratamientos que recibieron el programa de aplicaciones cada 10 días con los fungicidas cimoxanil, metalaxil y clorotalonil, hasta los 63 dds en que éstos habían recibido un total de cuatro aplicaciones y el control tenía ya 21 días de la última aplicación de fungicida de contacto (anexo 10), indicando un mejor control de la enfermedad con la estrategia y mostrando que el intervalo de 10 días entre las aplicaciones de dichos fungicidas es muy largo para las condiciones atmosféricas bajo las cuales se desarrolló la epidemia en Mayobamba.

Por otro lado se mostró que el fungicida sistémico cimoxanil utilizado en la estrategia necesita de la alternancia con un fungicida de contacto (clorotalonil en este caso) para un mejor control de la ranca, evidenciando también una posible adaptación de la población local del patógeno al fungicida cimoxanil y al mfenoxam. Posteriormente a los 63 dds, el control con sólo tres aplicaciones siguiendo la estrategia mostró un incremento acelerado de la ranca al no recibir más aplicaciones de fungicida, pasando el 70% de follaje afectado a los 78 dds y llegando al 100% de follaje afectado hacia el final de la campaña.

El tratamiento 4 (Bravo-500 cada 10 días) tuvo una mejor performance que Fitoraz y Ridomil Gold aplicados cada 10 días pues hasta los 49 dds mostró porcentajes de

follaje afectado por debajo del 5% incrementándose posteriormente hasta un 20 a 40% durante la mayor parte del ciclo del cultivo, alcanzando al final de la campaña a un 55%; mientras que, Fitoraz y Ridomil Gold llegaron cerca del 90% de follaje afectado. La mejor performance del fungicida de contacto que la de los sistémicos mostró otra evidencia de una población con cierta resistencia a los fungicidas cimoxanil y mefenoxam.

Los tratamientos 1 (Fitoraz/5 días) y 5 (Ridomil Gold/5 días) mostraron porcentajes de follaje afectado por debajo del 5% hasta los 78 dds, posteriormente la enfermedad se incrementó ligeramente y en forma progresiva en ambos tratamientos llegando al final de la campaña a porcentajes entre el 30 y 35%. El tratamiento 3 (Bravo-500/5 días) mostró una mejor eficacia en el control de la enfermedad al mostrar porcentajes de follaje afectado por debajo del 5% hasta los 85 dds, a partir de entonces los valores se incrementaron ligeramente llegando a alcanzar un 20% a los 108 dds fecha de la última evaluación. Esto confirmó que la población de *P. infestans* durante la epidemia no fue muy sensible a los fungicidas sistémicos utilizados.

El progreso de la epidemia fue más lento en los tratamientos que recibieron el programa de aplicaciones cada cinco días y en la estrategia de PROINPA especialmente en la alternancia cimoxanil-clorotalonil (EPCS Fit-Bra). Con la estrategia el porcentaje de follaje afectado empezó a incrementarse después de los 78 dds cuando se dejó de utilizar los fungicidas sistémicos llegando en el caso de la EPCS Fit-Bra al final de la campaña a un porcentaje de follaje afectado poco más alto (33%) que en el caso del tratamiento calendario con clorotalonil cada cinco días (20%). Esta diferencia se explica en parte a que las aplicaciones inmediatamente subsiguientes a una que se aplicó a los 40 dds, tanto de contacto como sistémicos, tuvieron intervalos muy largos (8 a 10 días) para las condiciones atmosféricas durante el ensayo.

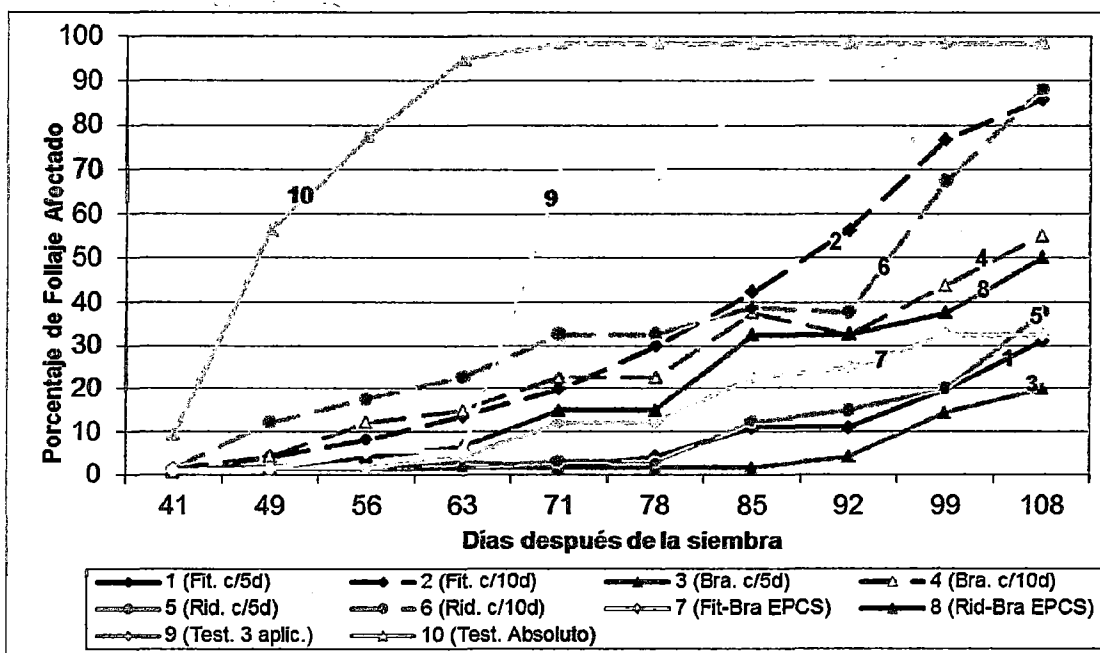


Figura 8: Avance de la epidemia en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay bajo 10 tratamientos de control químico de la ranca. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco, 2001.

4.3.2 AUDPC y rendimiento

El tratamiento 3 (Bravo-500 cada 5 días) mostró el AUDPC más bajo (figura 9), aunque estadísticamente no es diferente del tratamiento 1 (Fitoraz/5 días) y 5 (Ridomil Gold/5 días). Con estos tratamientos se obtuvo un mejor control de la enfermedad con 15 aplicaciones (anexo 10). El tratamiento 3 sobresalió significativamente con relación a los demás tratamientos al mostrar el más alto rendimiento (20.8 t/ha) (figura 10). Con los tratamientos 1 y 5 se obtuvieron rendimientos no significativamente diferentes de 16.8 t/ha.

Con 8 aplicaciones (prácticamente el 50% menos que los anteriores) los tratamientos 2 (Fitoraz/10 días) y 6 (Ridomil Gold/10 días) mostraron valores de AUDPC (figura 9) y rendimiento (figura 10) estadísticamente no diferentes, sin embargo con igual número de aplicaciones el fungicida de contacto Bravo-500/10 días mostró un AUDPC significativamente menor que los dos anteriores y un rendimiento superior indicando un mejor control de la ranca que los fungicidas sistémicos (figura 10).

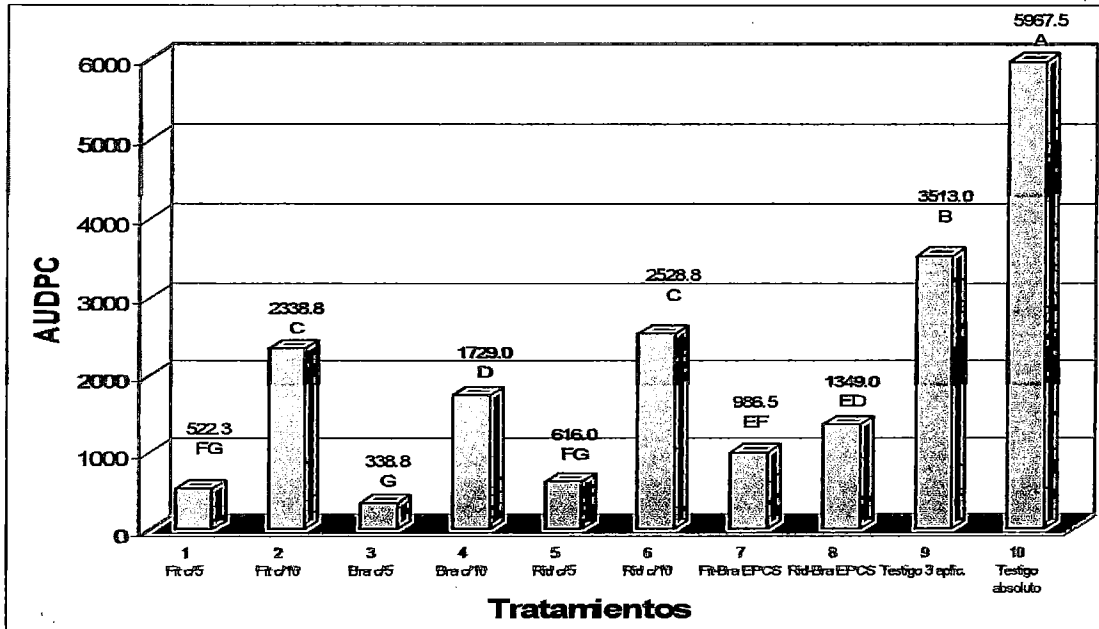


Figura 9: AUDPC en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay bajo 10 tratamientos para el control químico de la ranca. Los valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($P = 0.05$). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

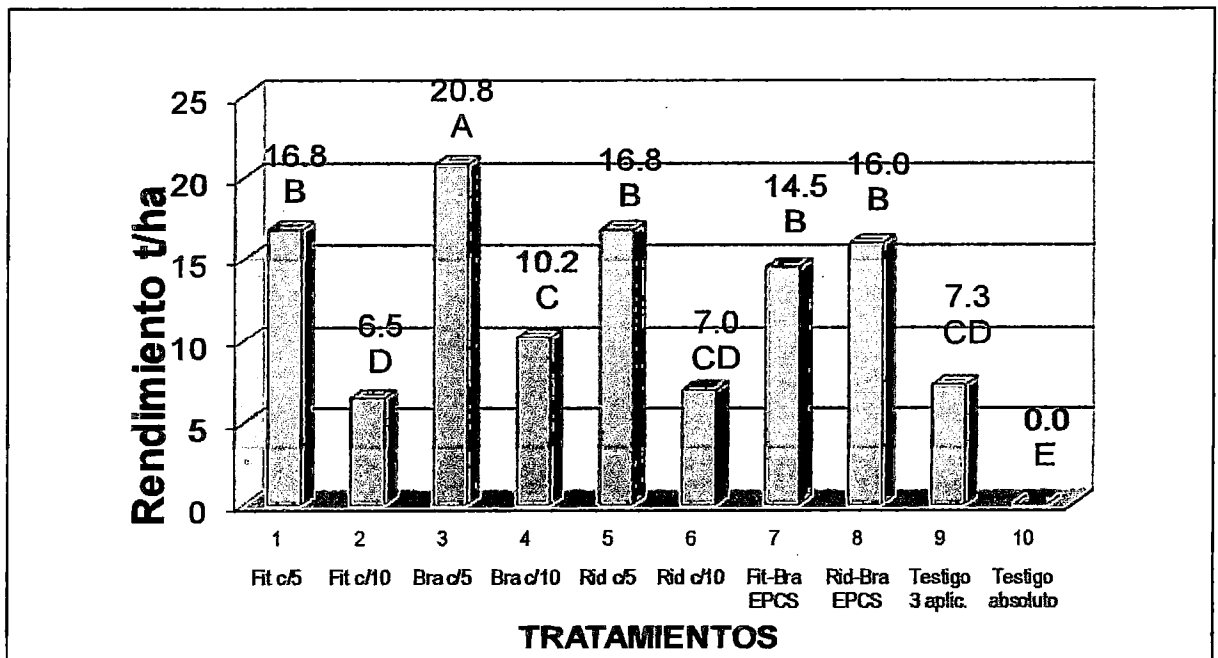


Figura 10: Rendimiento total (t/ha) en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay bajo 10 tratamientos de control químico de la ranca. Los valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($P=0.05$). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

La estrategia para cultivares susceptibles aplicada al cultivar Amarilla Tumbay fue efectiva tanto en el tratamiento 7 (Fit-Bra) como en el 8 (Rid-Bra). Con 12 aplicaciones la EPCS mostró un AUDPC y un rendimiento no significativamente diferente de los tratamientos en que los fungicidas sistémicos se aplicaron calendáricamente cada cinco días con un total de 15 aplicaciones.

El tratamiento 10 (testigo absoluto) mostró el AUDPC más alto significativamente diferente de los demás tratamientos con un rendimiento nulo, seguido por el tratamiento 9 (testigo con 3 aplicaciones) que mostró un AUDPC significativamente superior a los demás tratamientos pero un rendimiento no significativamente diferente de los tratamientos 2, 4 y 6 en que los fungicidas se utilizaron con una frecuencia de cada 10 días y con un total de 8 aplicaciones resaltando el mejor control de la ranca con la estrategia en la fase inicial del cultivo.

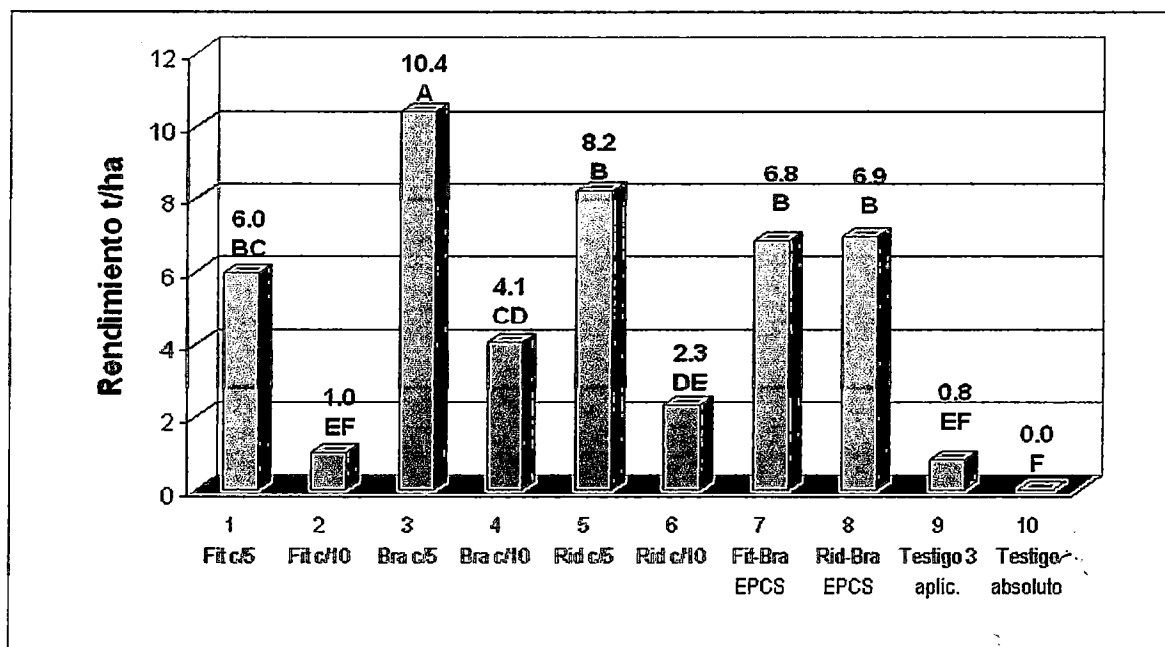


Figura 11: Rendimiento de categoría primera (t/ha) en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay bajo 10 tratamientos de control químico de la ranca. Los valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias (P=0.05). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

Al analizar los rendimientos de categoría primera (figura 11, tabla 13, anexos 19 y 20) observamos que el tratamiento 3 (Bravo cada 5 días) superó significativamente a los

demás tratamientos, siguiéndole en orden de mérito un grupo de tratamientos no diferentes significativamente entre ellos, conformado por el tratamiento 5 (Ridomil cada 5 días), 8 (Ridomil-Bravo EPCS), 7 (Fitoraz-Bravo EPCS) y 1 (Fitoraz cada 5 días) respectivamente.

Bajo las condiciones agroecológicas de Mayobamba se observó que resultó muy largo el intervalo de 10 días entre aplicaciones contínuas del mismo producto sistémico cimoxanil y mefenoxam conteniendo fungicidas de contacto en su formulación comercial, así como en el caso del fungicida de contacto clorotalonil de conocida alta tenacidad entre los disponibles comercialmente en el país.

En aplicaciones calendario cada cinco y diez días, el mejor control logrado por el fungicida de contacto clorotalonil en comparación con los fungicidas sistémicos cimoxanil y mefenoxam puso en evidencia que el mal uso en la zona de estos fungicidas sistémicos (en el caso de mefenoxam, la mezcla de los dos enantiómeros en metalaxil) ha llevado al desarrollo de una población de *Phytophthora infestans* poco sensible a estos fungicidas. Siendo cimoxanil un fungicida translaminar y mefenoxam un fungicida sistémico, su acción debió ser mejor que la del fungicida de contacto clorotalonil.

Tabla 13: Rendimiento por categorías de tubérculos (t/ha y %) en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay bajo 10 tratamientos para el control químico de la ranca. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

TRATAMIENTO	CATEGORÍA								PESO TOTAL t/ha*
	Primera		Segunda		Tercera		Cuarta		
	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	
1: Fit. C/5d	5.96	35.53	4.16	24.76	4.02	23.94	2.66	15.84	16.79
2: Fit. C/10d	1.04	16.02	1.09	16.76	2.33	35.86	2.04	31.47	6.49
3: Bra. c/5d	10.38	49.94	5.21	25.07	3.22	15.50	1.99	9.57	20.79
4: Bra. c/10d	4.07	39.92	2.19	21.49	2.37	23.26	1.58	15.53	10.19
5: Rid. c/5d	8.23	48.85	4.18	24.82	2.60	15.44	1.85	10.97	16.85
6: Rid. c/10d	2.34	33.31	1.71	24.33	1.53	21.80	1.46	20.77	7.02
7: Fit-Bra EPCS	6.83	47.05	3.45	23.77	2.75	18.98	1.49	10.30	14.51
8: Rid-Bra EPCS	6.95	43.37	3.82	23.88	3.08	19.24	2.16	13.50	16.02
9: Testigo con 3 aplic.	0.84	11.41	1.26	17.13	2.31	31.47	2.94	40.12	7.34
10: Testigo Absoluto	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

* Sin considerar daños por ranca, podredumbre blanda, insectos.

Es conocido en la zona de trabajo la baja efectividad del fungicida metalaxil razón por la cual no es utilizado al presente debido a que su mal uso propició el desarrollo de una población de *P. infestans* resistente al fungicida, el análisis de laboratorio realizado en el presente trabajo así lo mostró. En la literatura mundial es conocido el alto riesgo que presentan las fenilamidas, grupo químico al que pertenece el metalaxil, para seleccionar una población del patógeno resistente al fungicida cuando no se le utiliza apropiadamente. Para evitar o disminuir ese efecto, un comité internacional de acción para evitar la resistencia a fungicidas sistémicos publica permanentemente una serie de recomendaciones (FRAC). Paralelamente se desarrolló la estrategia anti resistencia a fungicidas sistémicos de PROINPA (Fernández-Northcote *et al.*, 1999). En el presente ensayo se ha visto la buena performance del fungicida mefenoxam utilizado dentro de la estrategia de PROINPA, a pesar de las características de la población de *P. infestans* predominante en la actualidad, comparable a la de cimoxanil ampliamente utilizado en la zona al presente.

El fungicida cimoxanil es considerado de menor riesgo para el desarrollo de poblaciones de *P. infestans* resistentes al fungicida. Estudios realizados por Hamlen y Power (1998) en USA utilizando un espectro amplio de aislamientos de *P. infestans* colectados alrededor del mundo no han podido demostrar resistencia a cimoxanil. Sin embargo, algunos agricultores en Colombia y en zonas ranchosas de Huánuco mencionan que el fungicida ya no trabaja como antes sospechando el desarrollo de resistencia al fungicida. En el presente ensayo se presenta evidencia de que el mal uso del fungicida en la zona siguiendo un rol calendarizado por un alto número de agricultores (es el sistémico más utilizado en las zonas ranchosas de Huánuco), subdosificado y a lo largo de toda la campaña ha permitido desarrollar una población poco sensible al fungicida. En el presente ensayo su acción fue menos efectiva que la del fungicida de contacto clorotalonil y se requirió de aplicaciones a intervalos muy cortos de cinco días para una mejor acción. En zonas muy tizoneras de Bolivia donde cimoxanil no ha sido utilizado como en Huánuco el intervalo entre aplicaciones de 7 a 10 días dentro de la estrategia de PROINPA resulta en un control altamente efectivo de la racha (Fernández-Northcote, comunicación personal). En el presente ensayo con sólo una aplicación a la dosis apropiada al 50% y 100% de emergencia seguida de dos aplicaciones de Bravo-500 distanciadas siete días dió un rendimiento significativamente no diferente que ocho aplicaciones de Fitoraz o de Bravo-500 cada 10 días.

Al reducirse el número de aplicaciones de 15 a 8 de los fungicidas Fitoraz, Ridomil Gold y Bravo-500 siguiendo un rol calendario de aplicaciones, los rendimientos se redujeron entre el 51 y 60%. La EPCS utilizando los fungicidas Ridomil Gold-Bravo-500 que dio el mejor rendimiento tuvo un rendimiento menor en 30% respecto al mejor tratamiento Bravo-500 en aplicaciones calendáricas cada 5 días, pero con tres aplicaciones menos (20% menos de aplicaciones).

El conocimiento logrado sobre la actividad de los fungicidas utilizados tanto sistémicos como de contacto, baja sensibilidad de la población local de *P. infestans* a los fungicidas sistémicos cimoxanil y mefenoxam, y variables atmosféricas, permitirá que la estrategia de PROINPA sea ajustada para mejorar su efectividad y eficiencia para el control de la ranca en el cultivar Amarilla Tumbay.

Al analizar los rendimientos de categoría primera (figura 11), observamos que los tratamientos 3 (Bravo c/5 días) y 5 (Ridomil c/5 días) ratificaron su performance mostrada para el caso de RT. El tratamiento 3 que en RT superó significativamente a los demás tratamientos (20.8 t/ha), esta vez mantuvo el primer lugar superando a los demás tratamientos con 10.4 t/ha (49.94 % del RT); igual situación se presentó con el tratamiento 5 que conservó su segunda ubicación en el orden de mérito con 8.2 t/ha, 48.85 % del RT (16.8 t/ha). En cambio el tratamiento 1 (Fitoraz c/5 días) que en RT ocupó el tercer lugar (16.8 t/ha), esta vez quedó reelegado al quinto lugar con 6.0 t/ha aunque no significativamente diferente de los tratamientos 5, 7 y 8. Este resultado podría atribuirse a que sólo mostró un 35.53 % de categoría primera respecto del RT, mucho menor comparado con los porcentajes obtenidos con los tratamientos 3 y 5, además de haber mostrado porcentajes altos en las categorías 2^a, 3^a y 4^a (24.76, 23.94 y 15.84 % respectivamente). Lo contrario sucedió con los tratamientos en los que se aplicó la Estrategia para cultivos susceptibles (EPCS); el tratamiento 8 (Ridomil-Bravo EPCS) que en RT ocupó el cuarto lugar (16.0 t/ha) pasó al tercer lugar para rendimiento de primera con 6.9 t/ha (43.37 % del RT) siendo significativamente no diferente de los tratamientos 1, 5 y 7 ; mientras que el tratamiento 7 (Fitoraz-Bravo EPCS) que en RT ocupó el quinto lugar (14.5 t/ha), pasó al cuarto lugar en rendimiento de primera con 6.8 t/ha (47.05 % del RT). Para el rendimiento de primera, los tratamientos 4, 6, 2, 9 y 10 en orden de mérito, ocuparon las mismas (últimas) ubicaciones que para el caso de RT.

4.3.3 Cuantificación de la esporulación

En el Ensayo-2, no se encontraron diferencias estadísticas significativas al comparar el número de esporangios por cm^2 de los tercios superior, medio e inferior de la planta en el tratamiento Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9), ni en el tratamiento Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Igual resultado se obtuvo al comparar dicha variable entre los niveles de ambos tratamientos (tablas 14, 15 y 16; anexos 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, y 30).

Tabla 14: Comparación de medias (Tukey $P= 0.05$) para número de esporangios por cm^2 entre tercios del tratamiento Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

Tercio de la planta	Nº de esporangios por cm^2 (1)
Superior	48,000 a (2)
Medio	44,000 a
Inferior	36,667 a

(1) Para el análisis de variancia estos valores fueron transformados a \log_{10}

(2) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Tukey ($P= 0.05$)

Tabla 15: Comparación de medias (Tukey $P= 0.05$) para número de esporangios por cm^2 entre tercios del tratamiento Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

Tercio de la planta	Nº de esporangios por cm^2 (1)
Inferior	81,458 a (2)
Superior	67,917 a
Medio	59,167 a

(1) Para el análisis de variancia estos valores fueron transformados a \log_{10}

(2) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Tukey ($P= 0.05$)

Tabla 16: Comparación de medias (Tukey $P= 0.05$) para número de esporangios por cm^2 entre tercios: superior, medio e inferior de los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9) y Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

Tratamientos	Nº de esporangios por cm^2 *Datos originales		
	Tercio de la planta		
	Superior	Medio	Inferior
T9 (A.Tumbay testigo con 3 aplic.)	48,000 a (1)	44,000 a	36,667 a
T10 (A.Tumbay testigo absoluto)	67,917 a	59,167 a	81,458 a

* Para el análisis de variancia los valores fueron transformados a \log_{10}

(1) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Tukey ($P= 0.05$)

Las condiciones climáticas fueron casi similares para ambos tratamientos el día del muestreo: t° máxima 21.3 °C, t° mínima 11.3 °C, Humedad Relativa 92.3 % y 4 horas de HR mayor que 90% para el tratamiento 10 y una t° máxima 19.8 °C, t° mínima 9 °C, Humedad Relativa 92.3 % y 3 horas de HR mayor que 90% para el tratamiento 9.

El porcentaje de área de follaje afectado al momento del muestreo fue de 97.25 % (64 dds) para el tratamiento 10 y 70% (77 dds, 37 dd de la última aplicación) para el tratamiento 9.

4.3.4. Prueba de sensibilidad de *P. infestans* al metalaxil

Todos los aislamientos de *P. infestans* analizados del Ensayo-2 procedentes de la zona de Mayobamba (Huánuco) crecieron sobre medio V8 con las diferentes concentraciones de metalaxil (tabla 17). El control resistente igualmente desarrolló normalmente en las dos concentraciones, mientras que el control sensible (aislamiento 228 CIP) sólo desarrolló en V8 sin metalaxil, en cambio en los medios que contenían 5 y 100 ppm de metalaxil su crecimiento fue inhibido.

Tabla 17: Crecimiento radial promedio (mm) de la colonia de aislamientos de *P. infestans* según la prueba de sensibilidad al metalaxil. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

N°	Aislamiento	Concentración de metalaxil en medio V8 enmendado				Tipo de reacción		
		0 ppm Radio (mm)	0 ppm 40% (mm)	5 ppm Radio (mm)	100 ppm Radio (mm)	Resis- tente	Mod. Resis- tente	Sen- sible
1	E2-II-1	26	10.4	28	27	X		
2	E2-II-2	24	9.6	20	21	X		
3	E2-II-3	27	10.8	27	28	X		
4	E2-III-4	24	9.6	25	22	X		
5	E2-III-5	26	10.4	26	25	X		
6	E2-III-6	23	9.2	22	23	X		
7	E2-III-7	27	10.8	27	27	X		
8	E2-III-8	28	11.2	25	23	X		
9	E2-III-9	21	8.4	24	22	X		
10	228	35	14.0	0	0			X
11	POX 74	27	10.8	30	26	X		

4.3.5 Evaluación del crecimiento de la lesión

El seguimiento de la evolución del crecimiento de lesiones en los folíolos marcados para cada nivel de muestreo en el tratamiento Amarilla Tumbay testigo con

tres aplicaciones del Ensayo-2 se efectuó a los 80 días después de la siembra (dds) cuando el promedio de porcentaje de follaje afectado del tratamiento fue de 70%. Como se manifestó anteriormente, esta observación fue analizada mediante dos metodologías:

1. Con el uso del Programa ASSESS se determinó el área de las lesiones en mm^2 cuyos resultados se muestran en el tabla 19. Luego con el radio de las áreas se determinaron las tasas de crecimiento lineal en mm por día. El Análisis de Variancia y la Prueba de Duncan no mostró diferencias estadísticas significativas entre las TCLs entre niveles de muestreo. La TCL más alta correspondió al tercio inferior con un valor de 1.5310 mm/día, seguida por la del tercio superior y medio con 1.3567 y 1.2719 mm/día respectivamente (tabla 18, anexos 31 y 32).

Tabla 18: Prueba de Duncan de la tasa de crecimiento lineal de la lesión (TCL) en mm/día, por tercios de la planta en el tratamiento A. Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9). Ensayo-2, Mayobamba, Huánuco 2001.

Tercio de la planta	Nº Observaciones	Tasa de crecimiento de la lesión (mm/día)	Prueba Duncan (P=0.05)
Inferior	10	1.5310	a
Superior	12	1.3567	a
Medio	16	1.2719	a

Tabla 19: Area de lesión en mm^2 por tercios de la planta a los 0, 2 y 4 días en el tratamiento A. Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9) calculado por el programa ASSESS. Ensayo-2, Mayobamba, 2001.

Tiempo (días)	Area de lesión (mm^2)		
	Tercio superior	Tercio medio	Tercio inferior
0	12.295	33.662	60.398
2	63.838	111.325	178.553
4	170.591	210.228	356.868

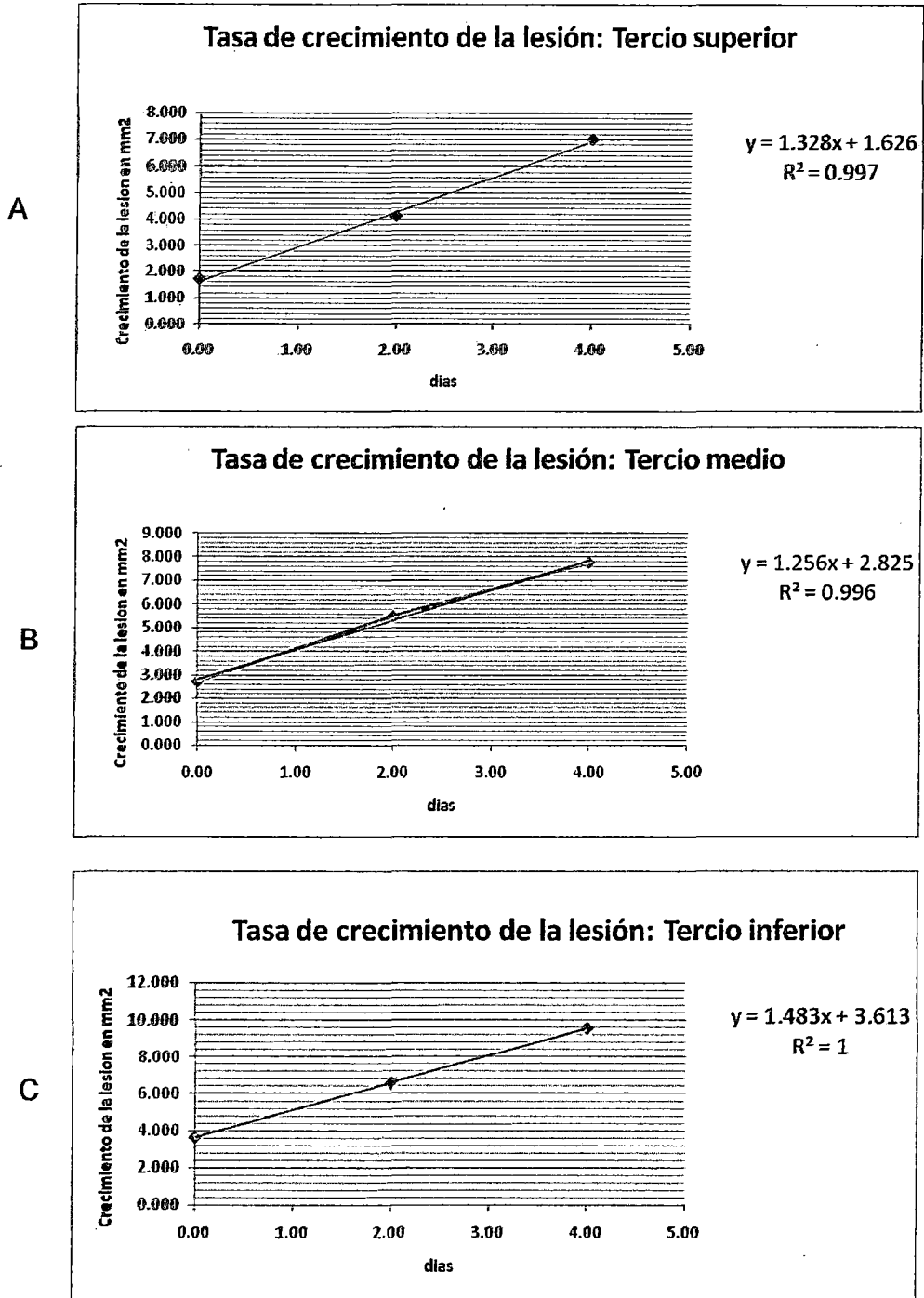


Figura 12: A, B y C. Representación gráfica de la recta de regresión entre el tiempo (días) y el crecimiento de la lesión. Método ASSESS. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

2. Con el método de la pesada se determinó el porcentaje del área foliar afectado por las lesiones en cada nivel de muestreo y en cada secuencia de observación. Mediante el análisis de regresión lineal simple se determinó la pendiente de la

ecuación de la recta de regresión o coeficiente de regresión que representa la tasa de crecimiento de la lesión. El análisis de variancia y la Prueba de Duncan nos mostró que existe diferencias estadísticas significativas entre las tasas de crecimiento de la lesión (TCL) del tercio inferior y las tasas de los tercios medio e inferior. El valor de la TCL fue mayor en el tercio inferior con 3.5744 superando significativamente a las de los tercios medio e inferior que mostraron valores de 2.4823 y 1.7700 respectivamente (tablas 20, 21, figura 13, anexos 33 y 34).

Tabla 20: Prueba de Duncan de la tasa de crecimiento de la lesión en porcentaje de área foliar afectado por tercios de la planta en el tratamiento A. Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9). Porcentaje de Area Foliar Afectado calculado por el Método de la pesada. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

Tratamiento	Nº Observaciones	Tasa de crecimiento de la lesión	Prueba Duncan (P=0.05)
Tercio inferior	10	3.5744	a
Tercio medio	16	2.4823	b
Tercio superior	12	1.7700	b

Tabla 21: Porcentaje de Area Foliar Afectado por tercios de la planta a los 0, 2 y 4 días en el tratamiento A. Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9) calculado por el método de la pesada. Ensayo-2, Mayobamba, Huánuco 2001.

Tiempo (días)	Porcentaje de Area Foliar Afectado (%)		
	Tercio superior	Tercio medio	Tercio inferior
0	0.57	2.73	4.23
2	4.29	7.71	10.94
4	7.65	12.65	18.53

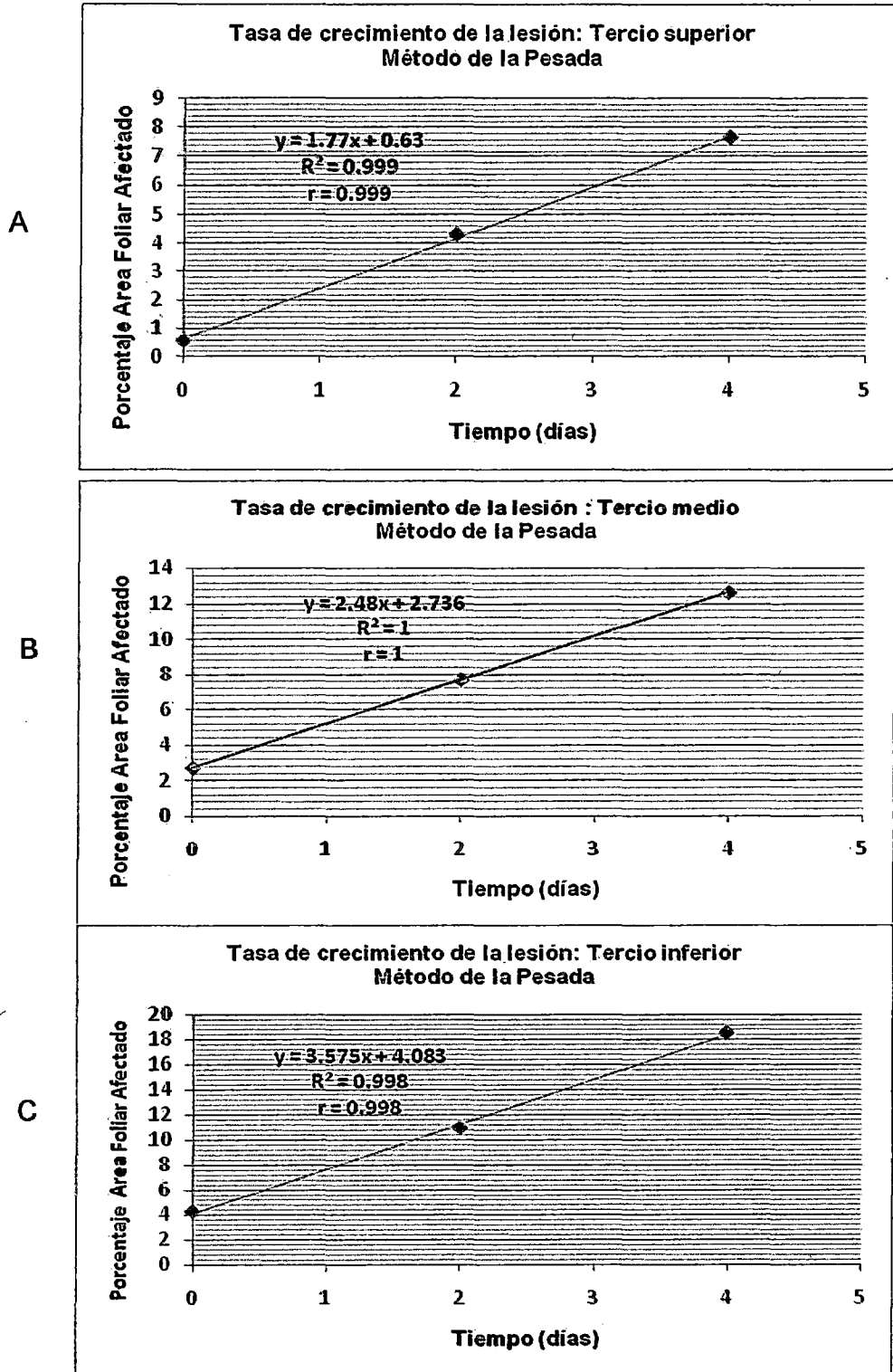


Figura 13: A, B y C. Representación gráfica de la recta de regresión entre el tiempo (días) y el crecimiento de la lesión. Método de la pesada. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

En los gráficos A, B y C de la Figura 13 los coeficientes de correlación “r” nos indican que existe una fuerte o alta correlación directa entre el tiempo y el crecimiento

de la lesión, presentándose una correlación lineal perfecta en el tercio medio. En los tres tercios la correlación tiende a ser lineal directa o positiva es decir que a mayores valores de X (tiempo), mayores valores de Y (porcentaje de área foliar afectado). Las pendientes de las ecuaciones de las rectas de la regresión: 1.77 en el tercio superior, 2.48 en el tercio medio y 3.575 en el tercio inferior representan el incremento o crecimiento de la lesión expresado en porcentaje que se produce o se espera que se produzca por cada día de exposición de las plantas a la epidemia. Esto significa que el incremento de una unidad de tiempo en este caso un día, determinará un incremento en el porcentaje de área foliar afectado de 1.77 en el tercio superior, 2.48 en el tercio medio y 3.575 en el tercio inferior.

4.3.6 Análisis económico

El análisis económico de rendimiento total (tabla 22), estableció que los mayores beneficios económicos netos se obtuvieron con los tratamientos que recibieron el programa calendario de aplicaciones cada 5 días y los tratamientos a los que se les aplicó la estrategia de PROINPA para cultivares susceptibles (T7 y T8).

En consecuencia el tratamiento 3 (Bravo c/5 días) = \$ 1315.82, fue el que mostró el mayor beneficio económico neto respecto a los demás tratamientos, seguido por los tratamientos 1 (Fitoraz c/5 días) = \$ 1216.21, 5 (Ridomil c/5 días) = \$ 1063.71, 8 (Ridomil-Bravo EPCS) = \$ 1036.63, y el tratamiento 7 (Fitoraz-Bravo EPCS) = \$ 880.44.

Si bien los tratamientos con la estrategia (T7 = Fitoraz-Bravo y T8 = Ridomil – Bravo) recibieron tres aplicaciones menos (12) que los programas calendario cada 5 días (15), con éstos últimos se obtuvieron mayores rendimientos a costas de mayor cantidad de fungicidas empleados e incluso mayores costos parciales que probablemente influenciaron en una mejor protección del cultivo. Ello nos indica que en futuros ensayos sea necesario realizar ajustes en la aplicación de la estrategia, especialmente reduciendo la frecuencia de aplicación en los períodos de riesgo de la epidemia.

Por otra parte, los beneficios pudieron incrementarse si en la obtención de los beneficios brutos se hubiera incorporado al menos un 50% del rendimiento de categoría segunda al rendimiento de primera, práctica que el agricultor normalmente lo realiza

durante la comercialización del producto para obtener una primera segundada. Asimismo, habría que asignarle un valor a la papa de categoría tercera y cuarta que el agricultor utiliza para su alimentación. Aún así, los tratamientos que recibieron la estrategia de PROINPA para cultivares susceptibles (T7 y T8) reportaron beneficios económicos netos importantes (\$ 880.44 y \$ 1036.63 respectivamente).

Tabla 22: Análisis económico parcial (US dólares/ha) de programas calendario y estrategia de control químico de la ranca de la papa en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay, considerando el rendimiento total. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

Tratamiento	Nº de aplic.	Rendimiento (t/ha)*	Costo Parcial (\$/ha) (CP)**	Beneficio Bruto (\$/ha) (BB)***	Beneficio Neto (\$/ha) (BN)***
3: Bra c/5 d	15	18.711	1357.18	2673.0	1315.82
1: Fit c/5 d	15	15.111	942.50	2158.714	1216.214
5: Rid c/5 d	15	15.165	1102.72	2166.428	1063.708
8: Rid-Bra EPCS	12	14.418	1023.08	2059.714	1036.634
7: Fit-Bra EPCS	12	13.059	985.13	1865.571	880.441
9: Testigo 3 aplic	3	6.606	156.73	943.714	786.984
4: Bra c/10 d	8	9.171	714.29	1310.143	595.853
2: Fit c/10 d	8	5.841	496.03	834.428	338.398
6: Rid. c/10 d	8	6.318	580.35	902.571	322.221
10: Testigo absoluto	0	0.0	0.0		0.0

* Rendimiento total considerando un 10 % de pérdida de la cosecha

** Incluye costo de fungicidas, adherente y costo de aplicación

*** Precio de papa amarilla S/.0.5 kg en chacra. Tipo de cambio S/.3.5 por US \$.

4.4 ENSAYO 3: Programas calendario y estrategia para la integración de resistencia y control químico de la ranca en el cultivar Amarillis

4.4.1 Curva de avance de la epidemia

Se realizaron 10 evaluaciones de severidad.

Los primeros síntomas de la enfermedad se presentaron muy tempranamente a los pocos días de haber concluido la emergencia la cual se inició a los 17 días después de la siembra (dds), uniformizándose durante los 5 a 6 días posteriores. En el corto período de 7 a 10 días posteriores al término de la emergencia la ranca se manifestó indistintamente en los diferentes tratamientos avanzando muy rápidamente. Un retraso involuntario en la primera aplicación (realizada a los 35 dds) que debió hacerse a la observación de los primeros síntomas, dio lugar a que al momento de efectuar la primera evaluación (36 dds) se encontraran niveles relativamente altos de infección en

la gran mayoría de los tratamientos, que en algunas unidades experimentales llegó hasta un 20% de follaje afectado (figura 14).

Durante las dos semanas siguientes algunos tratamientos mantuvieron sus porcentajes iniciales de infección mientras que en otros el porcentaje de daño empezó a disminuir. Sin embargo en el tratamiento 9 (testigo absoluto) los porcentajes de follaje afectado siguieron progresivamente su curva ascendente hasta colapsar completamente después de los 66 dds.

El tratamiento 1 (Fitoraz/5 días) después de los 51 dds en que presentaba aproximadamente 15% de follaje afectado mostró valores bajos de porcentaje de follaje afectado por debajo del 5% durante el resto del ciclo del cultivo. Similar comportamiento mostraron los tratamientos 3 (Bravo-500/5 días) y 5 (Ridomil Gold/5 días).

Los tratamientos 2 (Fitoraz/10 días), 4 (Bravo-500/10 días) y 6 (Ridomil Gold/10 días) mostraron los porcentajes más altos de follaje afectado después del tratamiento 9 (testigo absoluto). Con Bravo-500/10 días se logró bajar más la severidad hacia el final de la campaña que con Ridomil Gold/10 días llegando al final de la campaña a un porcentaje de follaje afectado menor al 5% cuando a los 51 dds presentaba porcentajes entre 20 y 35%. Con Ridomil Gold/10 días se bajó de 20 a 35% hasta los 51 dds a un 10% al final del cultivo. Sin embargo, el tratamiento Fitoraz/10 días no pudo recuperarse satisfactoriamente y de un 15% a los 51 dds llegó a 40% de follaje afectado al final del cultivo.

Los tratamientos 7 y 8 correspondientes a la EPCR mostraron un comportamiento similar entre ellos y con los tratamientos con aplicaciones cada 5 días. Hasta los 51 dds mostraron porcentajes de follaje afectado entre 15 y 20% recuperándose posteriormente durante el resto del ciclo del cultivo para terminar con menos del 5% de follaje afectado.

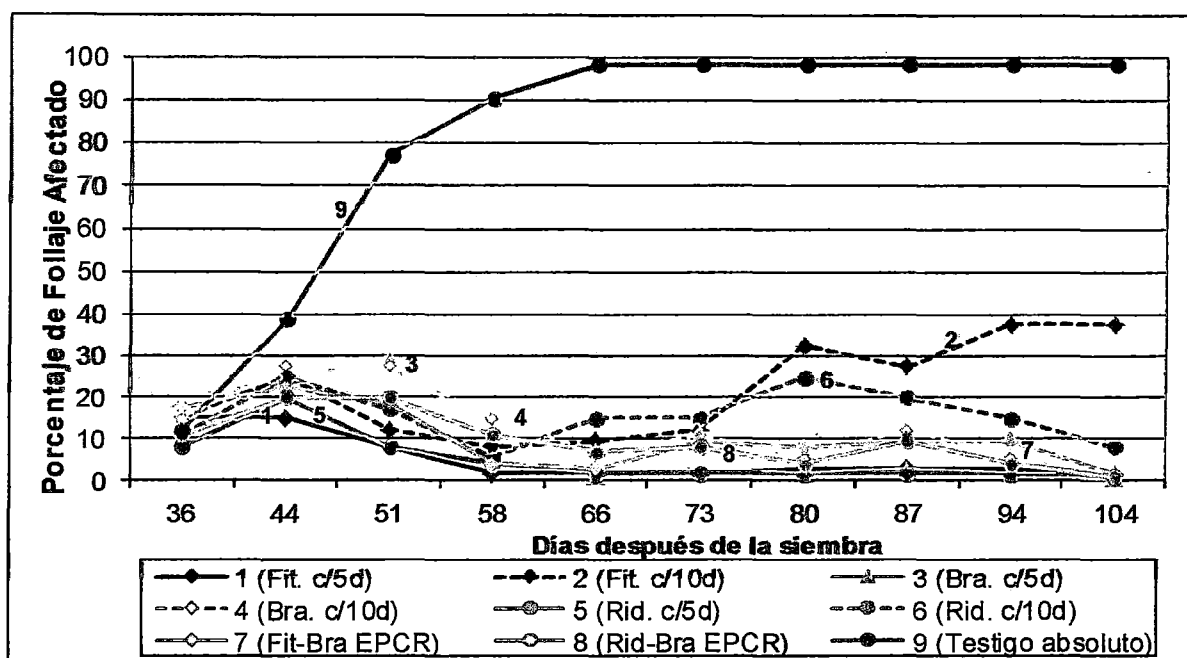


Figura 14: Avance de la epidemia en el cultivar resistente Amarilis bajo 9 tratamientos de control químico de la ranca. Ensayo 3, Mayobamba, Huánuco 2001.

4.4.2 AUDPC y rendimiento

Con 15 aplicaciones (anexo 13) los tratamientos 5 (Ridomil Gold/5 días), 1 (Fitoraz/5 días) y 3 (Bravo-500/5 días) presentaron los valores más bajos de AUDPC, en orden de mérito (figura 15), sin mostrar diferencias estadísticas significativas entre ellos ni con los tratamientos 8 (Rid-Bra EPCR) y 7 (Fit-Bra EPCR) que recibieron 11 aplicaciones.

Los rendimientos más altos correspondieron a los tratamientos 5 (Ridomil Gold/5 días) y 1 (Fitoraz/5 días) con 15 aplicaciones (Figura 16) seguidos en orden de mérito por los tratamientos 7 (Fit-Bra EPCR), 8 (Rid-Bra EPCR) y 3 (Bravo-500/5 días) mostrando ser significativamente no diferentes entre ellos.

Los tratamientos con aplicaciones de fungicida cada 10 días tuvieron valores de AUDPC más altos y menores rendimientos que los cinco tratamientos descritos anteriormente.

El valor de AUDPC más alto y el rendimiento más bajo lo mostró el tratamiento 9 (testigo absoluto) siendo significativamente diferente de los demás tratamientos.

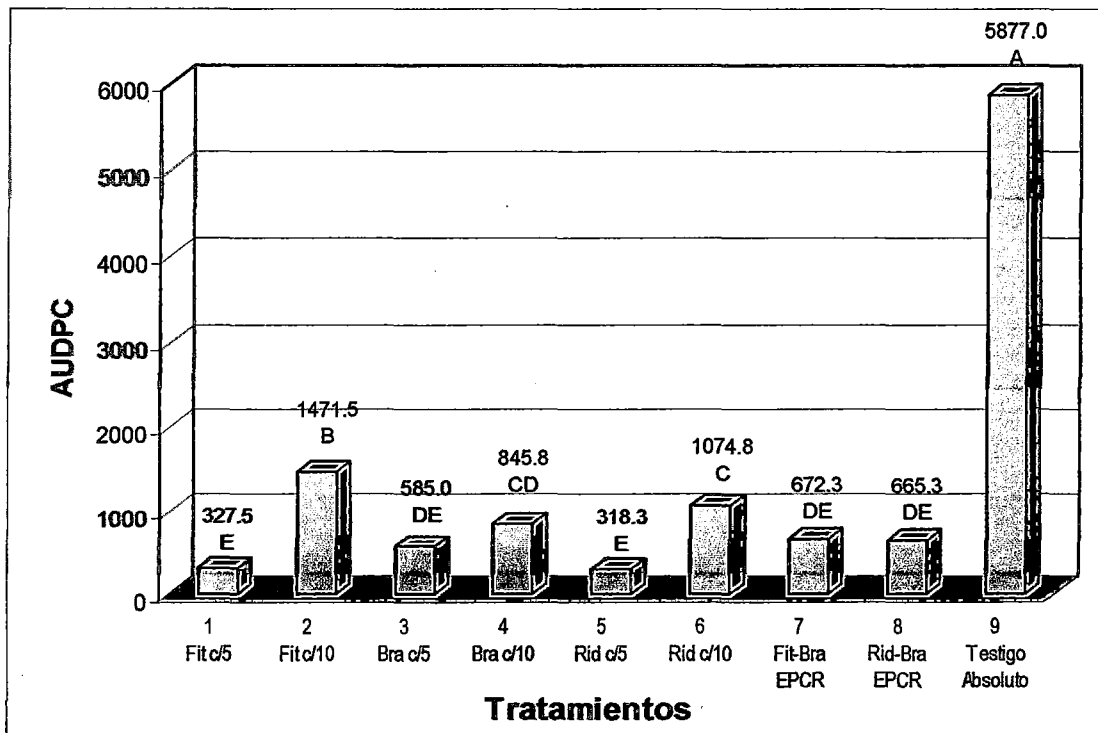


Figura 15: AUDPC en el cultivar resistente Amarilis bajo 9 tratamientos para el control químico de la ranca. Los valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($P = 0.05$). Ensayo 3, Huánuco 2001.

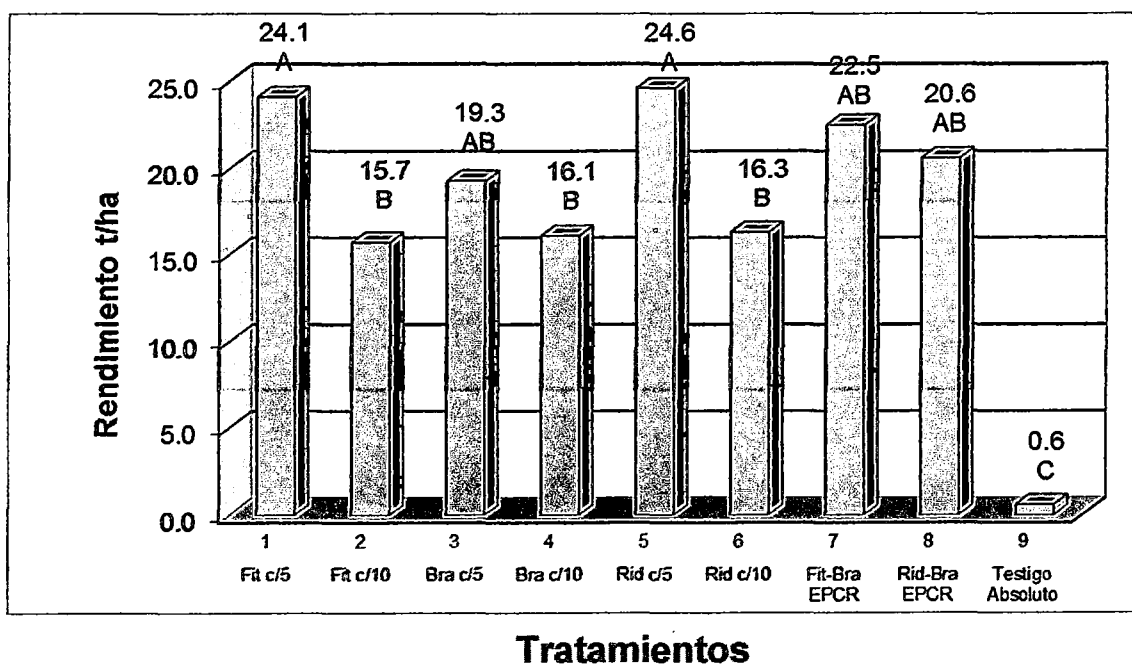


Figura 16: Rendimiento total (t/ha) en el cultivar resistente Amarilis bajo 9 tratamientos de control químico de la ranca. Ensayo 3, Mayobamba, Huánuco 2001.

Respecto al rendimiento de categoría primera (figura 17, tabla 23, anexos 35 y 36), el tratamiento (Ridomil cada 5 días) mostró el rendimiento más alto ocupando el primer lugar en orden de mérito pero no fue estadísticamente diferente de los tratamientos 7 (Fitoraz-Bravo EPCR), 1 (Fitoraz cada 5 días), y 8 (Ridomil-Bravo EPCR) que le siguieron en orden de mérito. Igualmente, el tratamiento 3 (Bravo cada 5 días) no mostró ser diferente de los tres últimos tratamientos citados.

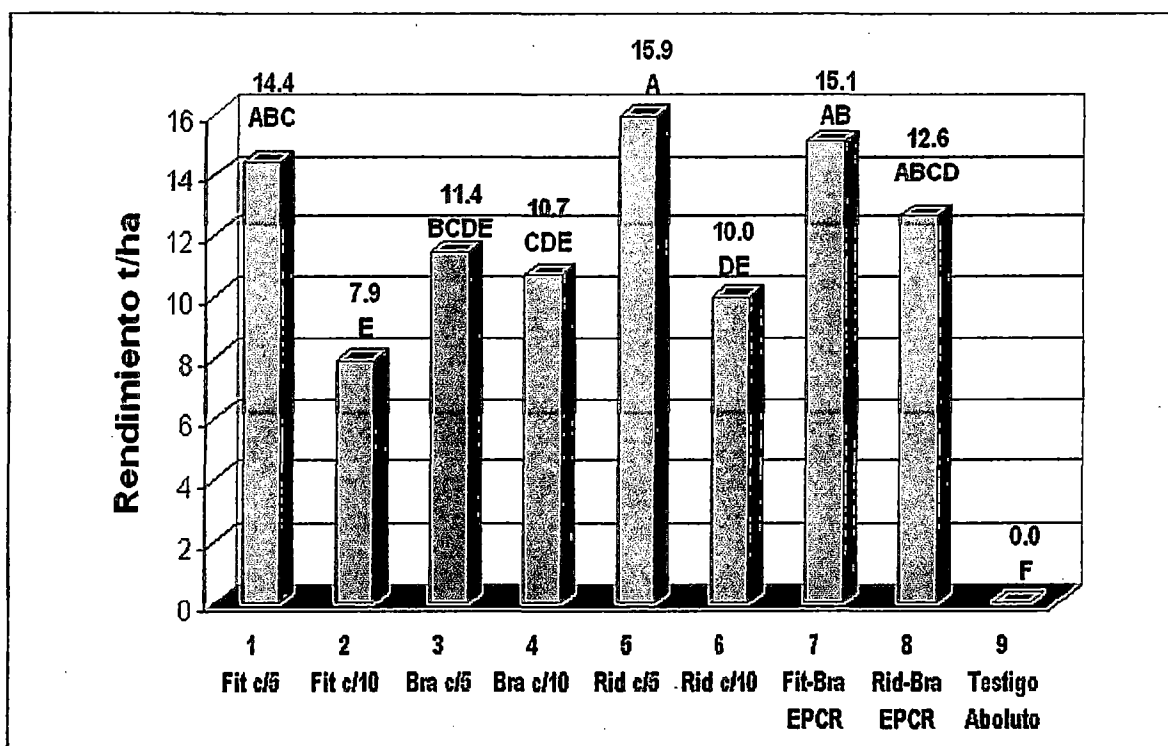


Figura 17: Rendimiento de categoría primera (t/ha) en el cultivar resistente Amarilis bajo 9 tratamientos de control químico de la ranca. Los valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Duncan para la comparación múltiples de medias ($P=0.05$). Ensayo 3, Huánuco 2001.

El presente ensayo ha confirmado que el cultivar Amarilis liberado como resistente se comporta casi como un cultivar susceptible y que para un buen control de la ranca en la época en que se desarrolló el ensayo se requirió de un mínimo de 15 aplicaciones siguiendo un rol calendario de aplicaciones cada 5 días. Esto concuerda con la práctica local del agricultor para lograr rendimientos aceptables. Este es un número alto de aplicaciones para un cultivar resistente no lográndose el objetivo

perseguido con el empleo de cultivares resistentes cual es la reducción en el uso de fungicidas.

Amarilis es un cultivar que es atacado muy tempranamente cuando las plántulas están recién terminando de emerger, situación tal que si no se toman las medidas inmediatas la enfermedad puede arrasarse prontamente con el cultivo. En el presente ensayo el testigo sin ninguna aplicación estuvo casi completamente destruido a los 35 días y su rendimiento fue de 2.5 t/ha en tubérculos de cuarta categoría (tabla 23). Esta temprana susceptibilidad probablemente está relacionada con la metodología utilizada por el CIP para la selección de resistencia. En la estrategia de PROINPA para cultivares resistentes la primera aplicación se realiza cuando se observan los primeros síntomas lo cual generalmente es por lo menos una semana más tarde que en un cultivar susceptible y el avance de la enfermedad es lento. En el presente ensayo no se pudo realizar la primera aplicación de la estrategia a los primeros síntomas por cuanto estos aparecieron muy temprano y su avance fue muy rápido. Sin embargo, a pesar de un porcentaje de follaje afectado alto a la primera aplicación se pudo controlar bastante bien a la racha con la estrategia en comparación con el rol calendario de aplicaciones cada 5 días de los tres fungicidas utilizados, lográndose una reducción de cerca del 30% en el número de aplicaciones con sólo 7% de reducción en los rendimientos. Sin embargo, esta diferencia en los rendimientos no fue estadísticamente significativa.

El control logrado por la estrategia y las aplicaciones calendario cada 5 días a pesar del 15 a 40% de follaje afectado a la primera aplicación se debe al cierto nivel de resistencia que todavía ofrece el cultivar Amarilis a lo largo de su ciclo vegetativo. Este nivel de resistencia ha permitido mostrar otra evidencia, aunque no sustentada en una diferencia significativa en rendimientos, de que el fungicida de contacto clorotalonil ejerce un mejor control que cimoxanil (menor AUDPC) cuando el intervalo de aplicación es de 10 días debido a la adaptación de la población local de *Phytophthora infestans* a cimoxanil. Por otro lado, el AUDPC similar en la frecuencia de aplicaciones cada 5 días y menor en la de 10 días, en el caso de Ridomil Gold comparado con Fitoraz, indica que ha habido un cambio en la población local del patógeno hacia una mayor sensibilidad a metalaxil lográndose un control efectivo con este fungicida.

Para el rendimiento de primera el tratamiento 5 (Ridomil c/5 días) ratificó su primera ubicación en orden de mérito (con 15.9 t/ha) obtenida para RT (24.6 t/ha), seguido del tratamiento 7 (Fitoraz-Bravo EPCR) con 15.1 t/ha no obstante que para RT este tratamiento ocupó el tercer lugar (22.5 t/ha) aunque fue significativamente no diferente de los tratamientos 5, 1 (Fitoraz c/5 días) y 8 (Ridomil-Bravo EPCR). Como en el caso anterior, el tratamiento 1 (Fitoraz c/5 días) que en RT ocupó el segundo lugar (24.1 t/ha), esta vez descendió al tercer lugar con 14.4 t/ha. La mayoría de los tratamientos restantes mantuvieron su misma ubicación que para el caso de RT.

Confirmando resultados de los ensayos anteriores el intervalo de 10 días entre aplicaciones de los tres fungicidas utilizados en el presente trabajo resulta muy largo para un control efectivo de la ranca bajo las condiciones atmosféricas y de población de *P. infestans* locales. Con siete aplicaciones menos en el rol de aplicaciones cada 10 días, los rendimientos se redujeron en 35%, 17% y 34%, para Fitoraz, Bravo-500, y Ridomil Gold, respectivamente, indicando que especialmente en el caso de cimoxanil y mefenoxam se requieren de intervalos cortos entre aplicaciones para una mejor acción de dichos fungicidas.

Con la información obtenida en el presente ensayo la estrategia de PROINPA será ajustada para una mejor performance. Los rendimientos obtenidos en el presente ensayo, se podrían mejorar utilizando tubérculos-semilla de calidad y no semilla de categoría común como la que se utilizó en el presente ensayo, la cual se notó infectada por virus, y desuniforme en su desarrollo.

Para el control químico de la ranca en el cultivar Amarilis en épocas similares a las del presente ensayo, las primeras aplicaciones deberán ser preventivas como en el caso de los cultivares susceptibles, con un sistémico al 50 y 100% de la emergencia, puesto que se ha observado que cuando la primera aplicación se realiza recién cuando aparecen los primeros síntomas de la enfermedad ya es tarde para un buen control.

Es importante destacar, el buen comportamiento del fungicida de contacto clorotalonil (Bravo-500) utilizado a la concentración del 0.4%, este producto que es desconocido o prácticamente no utilizado por los agricultores de la zona demostró ser efectivo para el control de la ranca de la papa

Tabla 23: Rendimiento por categorías de tubérculos (t/ha y %) en el cultivar resistente Amarilis bajo 9 tratamientos para el control químico de la ranca. Ensayo 3, Mayobamba, Huánuco 2001.

TRATAMIENTO	CATEGORÍA								PESO TOTAL t/ha*
	Primera		Segunda		Tercera		Cuarta		
	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	
1: Fit. c/5d	14.42	59.93	5.55	23.08	2.77	11.50	1.31	5.46	24.07
2: Fit. c/10d	7.92	50.35	4.46	28.36	2.31	14.66	1.03	6.54	15.73
3: Bra. c/5d	11.40	58.96	4.51	23.34	2.06	10.67	1.35	6.98	19.34
4: Bra. c/10d	10.68	66.18	2.89	17.89	1.36	10.46	0.87	5.41	16.13
5: Rid. c/5d	15.94	64.71	3.84	15.58	3.67	14.89	1.18	4.78	24.63
6 : Rid. c/10d	9.96	61.01	2.85	17.46	2.58	15.82	0.91	5.61	16.32
7: Fit-Bra EPCR	15.12	67.14	4.36	19.37	2.13	9.45	0.90	4.00	22.52
8: Rid-Bra EPCR	12.59	61.13	3.82	18.54	2.82	13.70	1.35	6.54	20.60
9: Test. Absoluto	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.61

* Sin considerar daños por ranca, podredumbre blanda, insectos.

4.4.3 Cuantificación de la esporulación

En la evaluación efectuada a los 59 dds, no se encontró diferencias estadísticas significativas respecto a la producción de esporangios por cm^2 entre tercios de la planta del tratamiento 9 (Amarilis testigo absoluto, 92.25 % de follaje afectado) (tabla 24, anexos 37 y 38). Los valores fluctuaron entre 112, 500 esporangios para el tercio superior, 85, 313 para el tercio medio y 149, 063 para el tercio inferior lo que equivale a 75, 000, 56, 875 y 99, 375 esporangios por cm^2 respectivamente. La mayor cantidad de esporulación en los tres ensayos lo mostraron el testigo absoluto de Amarilis (T9) del Ensayo-3 con 149, 063 esporangios a nivel del tercio inferior seguido por el testigo absoluto de Amarilla Tumbay del Ensayo-2 con 122, 188 esporangios por lesión, también en el tercio inferior.

De igual manera, cuando se compararon la cantidad de esporulación entre tercios correspondientes al testigo absoluto de Amarilis (T9) del Ensayo-3 versus el testigo absoluto de Amarilla Tumbay (T10) del Ensayo-2, tampoco se encontraron diferencias significativas en ningún nivel de la planta (tabla 25).

El T10 (Amarilla Tumbay testigo absoluto) del E-2 se muestreó a los 64 dds con

97.25 % de follaje afectado. La diferencia de edad de los cultivos fue de tan sólo 5 días (el E-2 se sembró el 28 – 01 – 01 y el E-3 el 02 – 02 – 01).

Tabla 24: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para número de esporangios por cm² entre tercios del tratamiento Amarilis testigo absoluto (T9). Ensayo 3, Mayobamba, Huánuco 2001.

Tercio de la planta	Nº de esporangios por cm ² (1)
Inferior	99,375 a (2)
Superior	75,000 a
Medio	56,875 a

(1) Para el análisis de variancia estos valores fueron transformados a log₁₀

(2) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Tukey (P= 0.05)

Tabla 25: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para número de esporangios por cm² entre tercios: superior, medio e inferior de los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10) del Ensayo 2 y Amarilis testigo absoluto (T9) del Ensayo 3. Mayobamba, Huánuco 2001.

Tratamientos	Nº de esporangios por cm ² *Datos originales		
	Tercio de la planta		
	Superior	Medio	Inferior
T10 (A. Tumbay testigo absoluto-E2)	67,917 a (1)	59,167 a	81,458 a
T9 (Amarilis testigo absoluto-E3)	75,000 a	56,875 a	99,375 a

* Para el análisis de variancia los valores fueron transformados a log₁₀

(1) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Tukey (P= 0.05)

Al analizar el número de esporangios por lesión del tratamiento 9 (Testigo absoluto) del Ensayo 3, no se encontró diferencias significativas entre los tercios superior (112,500 esporangios), tercio medio (85,313 esporangios) y tercio inferior (149,063 esporangios) (tabla 24). Este resultado probablemente puede atribuirse a que al momento del muestreo el porcentaje de área de follaje afectado fue de 92.25%, porcentaje bastante alto que indica una marcada defoliación y por lo tanto el inóculo se depositó indiferentemente en toda la planta, codyuvado por la poca cobertura de las plantas.

Al comparar el número de esporangios por lesión del tratamiento 9 (Testigo absoluto) del Ensayo 3 con el tratamiento 10 (Testigo absoluto) del Ensayo 2, no se encontró diferencias significativas entre los tercios superior, medio e inferior de ambos tratamientos, lo cual nos estaría indicando que ambos cultivares: Amarilis (Tratamiento

9) y Amarilla Tumbay (Tratamiento 10) muestran el mismo nivel de susceptibilidad (tabla 25, anexos 39, 40, 41, 42, 43, 44).

4.4.4 Análisis económico

El análisis económico para el rendimiento total (tabla 26) estableció que los mayores beneficios económicos netos se obtuvieron con los tratamientos que recibieron programas de aplicación calendario cada 5 días: **1** (Fitoraz c/5 días) = \$ 1591.17 y **5** (Ridomil c/5 días) = \$ 1498.39, seguidos por los tratamientos que recibieron la estrategia de PROINPA para cultivares resistentes: **7** (Fitoraz-Bravo EPCR) = \$ 1482.34 y **8** (Ridomil-Bravo EPCR) = \$ 1248.32. El menor beneficio económico neto se obtuvo con el tratamiento **3** (Bravo c/5 días) = \$ 715.46.

Tabla 26 : Análisis económico parcial (US dólares/ha) de Programas calendario y estrategia para la integración de resistencia y control químico de la rancho en el cultivar Amarilis, considerando el rendimiento total. Ensayo 3, Huánuco 2001.

Tratamiento	Nº de aplic.	Rendimiento (t/ha)*	Costo Parcial (\$/ha) (CP)**	Beneficio Bruto (\$/ha) (BB)***	Beneficio Neto (\$/ha) (BN)***
1: Fit c/5 d	15	21.663	884.602	2475.771	1591.169
5: Rid c/5 d	15	22.167	1034.984	2533.371	1498.387
7: Fit-Bra EPCR	11	20.268	833.998	2316.343	1482.345
8: Rid-Bra EPCR	11	18.540	870.538	2118.857	1248.319
2: Fit c/10 d	8	14.157	454.678	1617.943	1163.265
6: Rid. c/10 d	8	14.688	531.974	1678.628	1146.654
4: Bra c/10 d	8	14.517	654.731	1659.086	1004.355
3: Bra c/5 d	15	17.406	1273.794	1989.257	715.463
9: Testigo absoluto	0	0.0	0.0	0.0	0.0

* Rendimiento total considerando un 10 % de pérdida de la cosecha

** Incluye costo de fungicidas, adherente y costo de aplicación

*** Precio de papa blanca S/.0.40 kg en chacra.

Tipo de cambio S/.3.5 por US \$.

Es conveniente destacar, la importante performance mostrada por la EPCR (Tratamientos 7 y 8) que con cuatro aplicaciones menos (11) que los programas de aplicación calendario cada 5 días (Tratamientos 1 Fitoraz c/5 días y 5 Ridomil c/5 días) presentaron beneficios económicos netos aceptables en contraste con el Tratamiento 3 (Bra c/5 d) que mostró el menor BN hecho que puede atribuirse al alto número de aplicaciones (15) y al alto costo del fungicida Bravo-500, aunque el control de la enfermedad fue efectiva y con un rendimiento aceptable

V. CONCLUSIONES

1. La estrategia de PROINPA para cultivares susceptibles con 11 aplicaciones de fungicida fue efectiva para el control de la rancha en el cultivar Amarilla Tumbay, mostrando los valores más bajos de AUDPC (356.5) y mayores rendimientos (21 t/ha, de las cuales 8 t fueron de categoría primera) con respecto a su testigo con 3 aplicaciones (E-1).
2. Los cultivares Canchán y Amarilis liberados como resistentes en 1990 y 1993 respectivamente, muestran al presente un nivel de resistencia bajo lo cual no permite un ahorro significativo en el uso de fungicidas bajo condiciones favorables para la rancha (E-1-3).
3. La estrategia de PROINPA es apropiada para niveles de resistencia como la del clon Negro que permite que la primera aplicación sea cuando se observan los primeros síntomas y las siguientes conforme avance la enfermedad, el cual es lento por un nivel de resistencia adecuado, que permite reducir significativamente el número de aplicaciones de fungicidas (E-1).
4. Con la EPCR; en el clon Negro que recibió sólo seis aplicaciones de fungicidas, se logró reducir las aplicaciones entre un 62 a 70% respecto a lo que realiza localmente el agricultor en cultivares como Amarilla Tumbay o Canchán (E-1).
5. Entre los cuatro genotipos reportados como resistentes a la rancha utilizados en el Ensayo-1, el clon CIP 392633.10 respondió satisfactoriamente a la estrategia, destacando por haber mostrado con 9 aplicaciones, el valor más bajo de AUDPC (384.8) entre los cultivares resistentes y el rendimiento más alto (46.6 t/ha, de las cuales 30.9 t fueron papa de categoría primera) de todos los cultivares evaluados en el Ensayo-1.
6. Todos los aislamientos de *P. infestans* provenientes de Mayobamba (Huánuco) resultaron ser resistentes al metalaxyl (E-1-2).
7. Los mayores beneficios económicos netos (\$/ha) se obtuvieron con los tratamientos 4 (Clon CIP 392633.10 EPCR) y 3 (Clon Negro EPCR) : \$ 3835.41 y \$ 2772.264 con 9 y 6 aplicaciones respectivamente (E-1).

8. Bajo las condiciones climáticas de Mayobamba, resultó muy largo el intervalo de 10 días entre aplicaciones continuas de los mismos fungicidas sistémicos cimoxanil o mefenoxam conteniendo fungicidas de contacto en su formulación comercial, así como para el caso del fungicida de contacto clorotalonil aplicados en el cultivar Amarilla Tumbay (E-2).
9. En aplicaciones calendario cada 5 y 10 días de Fitoraz, Bravo-500 y Ridomil Gold a Amarilla Tumbay, el mejor control de la epidemia se logró con el fungicida de contacto Bravo-500 cada 5 días (E-2).
10. En el cultivar A. Tumbay al reducirse el número de aplicaciones de 15 a 8, de los fungicidas Fitoraz, Ridomil Gold y Bravo-500 siguiendo un rol calendario de aplicaciones, los rendimientos se redujeron entre el 51 y 60% (E-2).
11. La estrategia de PROINPA aplicada en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay utilizando los fungicidas Ridomil Gold-Bravo-500 tuvo un rendimiento menor en 30% respecto al mejor tratamiento Bravo-500 en aplicaciones calendáricas cada 5 días (15 aplicaciones), pero con tres aplicaciones menos (20% menos de aplicaciones) (E-2).
12. En el cultivar Amarilla Tumbay los mejores rendimientos totales se obtuvieron con los tratamientos 3(Bra. c/5d: 20.8 t/ha), 1(Fit. c/5d: 16.8 t/ha), 5(Rid. c/5d: 16.8 t/ha), 8(Rid-Bra EPCS: 16.0 t/ha) y 7(Fit-Bra EPCS: 14.5 t/ha) (E-2).
13. En el cultivar Amarilis los valores más bajos de AUDPC correspondieron a los tratamientos 5(Rid c/5d: 318.3), 1(Fit c/5d: 327.5), 3(Bra c/5d: 585.0), 8(Rid-Bra EPCR: 665.3) y 7(Fit-Bra EPCR: 672.3) (E-3).
14. En el cultivar Amarilis los mejores rendimientos totales correspondieron a los tratamientos: 5(Rid c/5d: 24.6 t/ha), 1(Fit c/5d: 24.1 t/ha), 7(Fit-Bra EPCR: 22.5 t/ha), 8(Rid-Bra EPCR: 20.6 t/ha) y 3(Bra c/5d: 19.3 t/ha) (E-3).
15. En el Ensayo-3 los mayores beneficios económicos netos por ha se obtuvieron con los tratamientos: 1(Fit c/5d: \$1591.169), 5(Rid c/5d: \$1498.387), 7(Fit-Bra EPCR: \$1482.345), y 8(Rid-Bra EPCR: \$1248.319).

VI. RECOMENDACIONES

1. Continuar con los ensayos sobre aplicación de las Estrategias de PROINPA para el control químico de la ranca de la papa efectuando ajustes para mejorarlas.
2. Realizar ensayos con la Estrategia de PROINPA para cultivares susceptibles, incluyendo dos fungicidas sistémicos de diferente ingrediente activo para alternarlos con uno de contacto.
3. Para controlar la ranca en los cultivares Canchán y Amarilis, realizar aplicaciones preventivamente antes de la aparición de los síntomas siguiendo las recomendaciones de la Estrategia de PROINPA para Cultivares Susceptibles (EPCS) como se detalla en la recomendación 4.
4. Para controlar la ranca en cultivares susceptibles en la zona de Mayobamba (Huánuco) y en época lluviosa, realizar la primera aplicación de un fungicida sistémico antes de la aparición de los primeros síntomas, la segunda aplicación utilizando un fungicida de contacto con una frecuencia que dependerá de la presencia de la enfermedad y de las condiciones climáticas favorables o desfavorables para la enfermedad, continuar las aplicaciones alternando en forma individual un sistémico con uno de contacto, evitando aplicar por más de tres veces el mismo sistémico. Una vez completado el número de aplicaciones con el sistémico, continuar las aplicaciones utilizando sólo el fungicida de contacto hasta el final de la campaña.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agrios, GN. 1998. Fitopatología. Tercera reimpresión de la segunda edición. Traducido del inglés al español por Manuel Guzmán Ortiz. Limusa. México.
2. Alvarez, M. 1989. Resistencia a los fungicidas, fundamentos y aspectos prácticos. En: Latorre, B. 1989. Fungicidas y Nematicidas. Avances y aplicabilidad. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. p: 125-138.
3. Andrade, H; Cuesta, X; Oyarzun, PJ. 1999. Breeding in Ecuador: facing increasing late blight severity. *In*: Proceedings of the Global Initiative on Late Blight (GILB) conference. Vol. 1: Late blight: A threat to global food security. L. Crissman, and C. Lizarraga (eds.). Quito, Ecuador. 16-19 Mar. 1999. International Potato Center. Lima, Perú. pp. 38-40.
4. Andrade, J. 2000. Epidemiología del tizón tardío de la papa en los andes peruanos: Validación del simulador LATEBLIGHT. Tesis Mg.Sc. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
5. Andrivon, D. 1995. Biology, ecology, and epidemiology of potato late blight pathogen *Phytophthora infestans*. *Phytopathology* 85: 1053-1056.
6. Awan, AB; Struchtemeyer, RA. 1957. The effect of fertilization on the susceptibility of potatoes to late blight. *American Potato Journal* 34:315-319.
7. Bashi, E; Ben-Joseph, Y; Rotem, J. 1982. Inoculum potential of *Phytophthora infestans* and the development of potato late blight epidemics. *Phytopathology* 72:1043-1047.
8. Berger, A; Filho, B; Armorim, L. 1997. Lesion expansion as an epidemic Component. *Phytopathology* 87:1005-1013.
9. Black, W; Mastenbroek, C; Mills, WR; Peterson, LC. 1953. A proposal for an international nomenclature of races of *Phytophthora infestans* and of genes controlling immunity in *Solanum demissum* derivatives. *Euphytica* 2:173-178.

10. Bos, L; Parlevliet, J. 1995. Concepts and terminology on plant pest relationships: Toward consensus in plant pathology and crop protection. *Annual Review of Phytopathology* 33:69-102.
11. Calzada, J. 1970. Métodos estadísticos para la investigación. 3ª ed. Jurídica. Lima, Perú.
12. Carnegie, SF; Colhoun, J. 1982. Susceptibility of potato leaves to *Phytophthora infestans* in relation to plant age and leaf position. *Phytopathologische Zeitschrift* 104:157-167.
13. CIP (Centro Internacional de la Papa). 2002. Semilla. Boletín Técnico informativo sobre semilla de papa en el departamento de Huánuco. Proyecto INCOPA. Lima, Perú.
14. CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F. México. CIMMYT.
15. Cohen, Y; Coffey, MD. 1986. Systemic fungicides and the control of Oomycetes. *Ann. Rev. Phytopathol.* 24: 311-338.
16. Crosier, W. 1934. Studies in biology of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Memoir 155. Cornell University Agricultural Experiment Station.
17. Darsow, U; Goebel, S; Goetz, E; Oertel, H; Schueler, K. 1987. R-gene und relative resistenz Kartoffelknolle gegen *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Archiv für Züchtungsforschung* 17:387-397.
18. Davidse, LC; Danial, K. L; Van Westen, CJ. 1983. Resistance to metalaxyl in *Phytophthora infestans* in the Netherlands. *Neth. J. Pl. Path.* 89: 1-20.
19. Deadman, ML. 1998. Epidemiological consequences of plant disease resistance. Pages 123-137 *in: The epidemiology of plant diseases.* D Gareth Jones, ed. Kluwer Publishers, Dordrecht.
20. Delp, CJ; Dekker, J. 1985. Fungicide resistance definitions and use of terms. *EPPO Bulletin* 15: 333-335.
21. Denward, T. 1970. Differentiation of *Phytophthora infestans*. II. Somatic recombination in vegetative mycelium. *Hereditas* 66:35-47.
22. Dowley, LJ; O'Sullivan, E. 1995. Potato late blight control: Technical Manual. Plant Pathology & Entomology Department. Oak Park Research Centre. Agriculture and Food Development Authority. Carlow, Irlanda.

23. Egúsqüiza, R. 2000. La papa. Producción, Transformación y Comercialización. Cimagraf. Lima, Perú.
24. Egúsqüiza, R; Apaza, W. 2002. La Ráncha de la Papa (*Phytophthora infestans*) en el Perú. Perfil de País. Páginas: 29-39 En: Memorias del Taller Internacional Complementando la Resistencia al Tizón (*Phytophthora infestans*) en los Andes, Febrero 13-16, 2001, Cochabamba, Bolivia, GILB, Taller Latinoamérica 1. E.N. Fernández-Northcote, ed. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú.
25. El-Kharbotly, A; Leonards-Schippers, C; Huigen, D; Jacobsen, E; Pereira, A, Stiekema, W; Salamini, F; Gebhardt, C. 1994. Segregation analysis and RFLP mapping of the R1 and R3 alleles conferring race-specific resistance to *P. infestans* in progeny of dihaploids potato parents. Mol. Gen. Genet. 242(6):749-754.
26. Erwin, DC; Ribeiro, OK. 1996. *Phytophthora*. Diseases worldwide. D.C. Erwin, and O.K. Ribeiro, eds. American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota.
27. Fernández-Northcote, EN. 2002. Fungicidas: Historia, Presente y Futuro de los Fungicidas utilizados para el control del tizón. Páginas 67-76 En: Memorias del Taller Internacional Complementando la Resistencia al Tizón (*Phytophthora infestans*) en los Andes, Febrero 13-16, 2001, Cochabamba, Bolivia, GILB. Taller Latinoamérica 1. E.N. Fernández-Northcote, ed. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú.
28. Fernández-Northcote, EN; Navia, O. 1995. Manejo Integrado del tizón (MIP-TIZON). Páginas 130-136 en: Memorias del "II Curso Internacional de Manejo Integrado de Plagas de Papa". Curso de Capacitación a Distancia. E.N. Fernández-Northcote (recopilador). IBTA-PROINPA, Marzo 20/25/1995. Cochabamba, Bolivia.
29. Fernández-Northcote, EN; Navia, O; Gandarillas, A. 1999. Bases de las estrategias de control químico del tizón tardío de la papa desarrolladas por PROINPA en Bolivia. Revista Latinoamericana de la papa 11: 1-25.
30. Fernández-Northcote, EN; Plata, G. 1998. Bases para una resistencia duradera al tizón mediante la utilización de cultivares de papa con genes-R vencidos dentro de un manejo integrado. En: Compendio de Exposiciones de la XVIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de la Papa. Cochabamba, Bolivia. Febrero 9-13, 1998 p. 83-84.

31. Fernández-Northcote, EN; Plata, G; Navia, O. 2000. Defeated R gene resistance integrated with strategies for minimum chemical control as an alternative for high levels of durable resistance to potato late blight. Book of Abstracts Durable Resistance Symposium. Ede-Wageningen, The Netherlands, November 28-December 1, 2000.
32. Flor, H. 1971. Current status of the gene-for-gene concept. *Annu. Rev. Phytopathol.* 8:275-296.
33. Flores, JE. 2007. Integración de resistencia a rancho en papa con control químico al mínimo y su efecto en la población del patógeno. Tesis Mg.Sc. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
34. Forbes, G. 2002. Resistencia a los fungicidas. Teoría y práctica. Páginas 77-80 En: Memorias del Taller Internacional Complementando la Resistencia al Tizón (*Phytophthora infestans*) en los Andes, Febrero 13-16, 2001, Cochabamba, Bolivia, GILB. Taller Latinoamérica 1. E.N. Fernández-Northcote, ed. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú.
35. Forbes, GA. 1997. Manual for Laboratory Work on *Phytophthora infestans*. Centro Internacional de la Papa. CIP Training Manual. Quito, Ecuador.
36. Forbes, GA ; Jarvis, MC. 1994. Host resistance for management of potato late blight. Pages 439-457 in: *Advances in Potato Pest Biology and Management*. Zehnder, G.W., Powelson, ML., Janson, R.K., and Raman, K.V., eds. APS Press. St. Paul, Minn. USA.
37. Forbes, GA; Shtienberg, D; Fry, WE. 1999. Computer simulation: A tool for developing IPM strategies for late blight of potato in the highland tropics of Ecuador. Research Proposal Submitted to the CDR Program. 44p.
38. French, ER; Forbes, G; Landeo, J. 1994. Ola migratoria de variantes más agresivas de *Phytophthora infestans* amenazan a la papa. *Fitopatología* 29 (1): 15-18.
39. Fry, WE; Mizubuti, ES. 1998. Potato late blight. In: *The epidemiology of plant diseases*. D. Gareth Jones (ed.). Kluwer Publishers. Dordrecht, Netherlands. Pp. 371-388.
40. Fry, WE; Goodwin, SB; Matuszak, JM; Spielman, LJ; Milgroom, MG. 1992. Population genetics and intercontinental migrations of *Phytophthora infestans*. *Annual Review of Phytopathology* 30:107-129.

41. Fry, WE; Goodwin, SB; Matuszak, JM; Spielman, LL; Milgroom, MG. 1993. Historical and recent migrations of *Phytophthora infestans*, chronology, pathways and implications. *Plant Disease* 77: 653-661.
42. Gamboa, ES; Pérez, W; Nelson, R. 1999. Uso de marcadores moleculares en la caracterización de poblaciones de *Phytophthora infestans* en Perú. *Fitopatología* 37: 188.
43. Garret, KA.; Dendy, SP. 2001. Prácticas culturales para el manejo del tizón tardío de la papa. Páginas 111-119 en: Memorias del Taller Internacional Complementando la Resistencia al Tizón (*Phytophthora infestans*) en los Andes. Febrero 13-16, 2001, Cochabamba, Bolivia. GILB, Taller Latinoamérica 1. E.N. Fernández-Northcote, ed. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú.
44. Gees, R; Hohl, HR. 1988. Cytological comparison of specific (R3) and general resistance to late blight in potato leaf tissue. *Phytopathology* 78:350-357.
45. Gisi, U; Cohen, Y. 1996. Resistance to phenylamide fungicides: a case study with *Phytophthora infestans* involving mating type and race structure. *Annual Review of Phytopathology* 34: 549-72.
46. Glendinning, D; MacDonald, JA; Glainger, J. 1963. Factors affecting the germination of sporangia in *Phytophthora infestans*. *Transactions of the British Mycological Society* 46:595-603.
47. Goodwin, SB; Drenth, A. 1997. Origin of the A2 mating type of *Phytophthora infestans* outside Mexico. *Phytopathology* 87: 992-999.
48. Hamlen, RA; Power, RJ. 1998. Distribution of sensitivity responses to cimoxanil within global populations of *Phytophthora infestans*. *Pesticide Science* 53: 101-103.
49. Harrison, JG. 1995. Factors involved in the development of potato late blight disease (*Phytophthora infestans*). In: *Potato ecology and modeling of crops under conditions limiting growth*. A.J. Haverkort, and D.K.L. Mackerron (eds.). Kluwer Academic Publishers. Netherlands. Pp. 216-236.
50. Harrison, JG; Lowe, R. 1989. Effects of humidity and windspeed and on sporulation of *Phytophthora infestans* on potato leaves. *Plant Pathology* 38:585-591.
51. Harrison, JG; Lowe, R; Williams, NA. 1994. Effects of temperature and light on non-race-specific resistance of potato leaflets to late blight. *Plant Pathology* 43:733-739.

52. Hawksworth, DL; Kirk, PM; Sutton, BC; Pegleer, DN. 1995. Dictionary of the fungi. Eighth Edition. International Mycological Institute.
53. Henfling, JW. 1987. El tizón tardío de la papa: *Phytophthora infestans*. 2ª ed., revisada. Lima, Centro Internacional de la Papa. 25 pp. (Boletín de Información Técnica 4).
54. Hooker, W. 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Traducido del inglés al español por Teresa Ames. Centro Internacional de la Papa. 116 p.
55. Horton, D. 1982. Análisis de presupuesto parcial para investigación en papa al nivel de finca. Boletín de Información Técnica 16. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú.
56. Huber, L; Gillespie, TJ. 1992. Modeling leaf wetness in relation to plant disease epidemiology. Annual Review of Phytopathology 30: 553-577.
57. Ingram, DS; Williams, PH. 1991. *Phytophthora infestans*, the cause of late blight of potato. London (UK). Academic Press.
58. Ishiguro, K; Fry, WE. 1994. Development and sensitive analysis of a random walk markovian model for air-borne sporangial dispersal of *Phytophthora infestans*. Phytopathology 84:1070.
59. Judelson, HS. 1996. Recent advances in the genetics of Oomycetes plant pathogens. Molecular Plant-Microbe Interactions 9: 443-449.
60. Kable, PF; Mackenzie, DR. 1980. Survival of *Phytophthora infestans* in potato stem lesion at high temperatures and implications in disease forecasting. Plant Disease 64: 165-167.
61. Katan, T; Bashi, E. 1981. Resistance to metalaxyl in isolates of *Pseudoperonospora cubensis*, the downy mildew pathogen of cucurbits. Plant Disease 65: 798-800.
62. Kolbe, W. 1982. Importance of potato late blight control exemplified by Hoofchen long-term trial (1943-1982), and historical development. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 35:247-290.
63. Landeo, J; Gastelo, M; Forbes, G. 1999. Screening for horizontal resistance to late blight in population B. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú.
64. Legard, DE; Lee, TY; Fry, WE. 1995. Pathogenic specialization in *Phytophthora infestans*: aggressiveness on tomato. Phytopathology 85: 1356-1361.

65. Leonards-Schippers, C; Gieffers, W; Schafer-Pregl; Ritter E; Knapp, S; Salamini, F; Gebhardt C. 1994. Quantitative resistance to *Phytophthora infestans* in Potato: A case study for QTL mapping in allogamous plant species. *Genetics*. 137: 67-77.
66. Li, X; Van Eck, H; Rouppe Van Der Voort J; Huigen D; Stam P; Jacobsen, E. 1998. Autotetraploids and genetic mapping using common AFLP markers: the R2 allele conferring resistance to *Phytophthora infestans* mapped on potato chromosome IV. *Theor. Appl. Genet.* 96:1-8.
67. Macías, E. 1998. Validación participativa de la estrategia de control químico del tizón *Phytophthora infestans* con agricultores en las comunidades de Morochata. Tesis Ing. Agrónomo Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinaria "Martín Cárdenas". Universidad de San Simón, Cochabamba, Bolivia.
68. Mackay, RG. 1996. Resistencia para el tizón tardío (*Phytophthora infestans*); el fundamento del manejo integrado de patógenos. Páginas 2-5 en: Centro Internacional de la Papa. Circular Vol. 22, Nro. 11, Junio 1996.
69. Mendoza, A. 1998. Manejo integrado de la ranca en el cultivo de la papa (*Phytophthora infestans* Mont. de Bary). Manual técnico. Fundación para el Desarrollo FUDHEVAL. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Huánuco, Perú.
70. Ministerio de Agricultura. 2003. Plan Estratégico de la Cadena de la Papa. Dirección General de Información Agraria. Lima, Perú.
71. Ministerio de Agricultura del Perú. 2006. La Papa: de los Andes para el Mundo. En: Rentabilidad. Boletín del Estudio de Rentabilidad. Dirección General de Información Agraria. Dirección de Análisis y Difusión. Lima, Perú.
72. Mizubuti, ES; Aylor, D; Fry, WE. 2000. Survival of *Phytophthora infestans* sporangia exposed to solar radiation. *Phytopathology* 90:78-84.
73. Mizubuti, E.S., and Fry, W.E. 1998. Temperature effects on developmental stages of isolates of three clonal lineages of *Phytophthora infestans*. *Phytopathology* 88: 837-843.
74. Navia, O; Equize, H; Fernández-Northcote, EN. 1996. Estrategias para el control químico de tizón. Fitopatología, Ficha Técnica 2, PROINPA. Cochabamba, Bolivia.
75. Navia, O; Fernández-Northcote, EN. 1996a. Estrategias para la integración de resistencia y control químico del tizón. Ficha Técnica 3/96 Fitopatología.

- Programa de Investigación de la Papa-PROINPA (IBTA-CIP-COSUDE). Cochabamba, Bolivia.
76. Navia, O; Fernández-Northcote, E.N. 1996b. Manejo integrado del tizón. Ficha Técnica 4/96 Fitopatología. Programa de Investigación de la Papa-PROINPA (IBTA-CIP-COSUDE). Cochabamba, Bolivia.
 77. Navia, O; Gandarillas, A; Fernández-Northcote, EN. 2001. Estrategias de Integración de Resistencia y Control Químico del Tizón de la Papa (*Phytophthora infestans*): Validación con Instituciones. Revista Latinoamericana de la Papa 12: 152 – 168.
 78. Oijen, M. Van. 1991. Identification of the major characteristics of potato cultivars which affect yield loss caused by late blight. Thesis PhD. Wageningen, Netherlands.
 79. Parlevliet, JE. 1979. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. Annual Review of Phytopathology 17:203-222.
 80. Pérez, W. 2001. Monitoreo del tizón tardío de la papa. Manual de capacitación. Manejo integrado de Plagas. Módulo 1. Fascículo 5. Centro Internacional de la Papa. Lima Perú.
 81. Pérez, W. 2001. Componentes del control de tizón tardío. Manual de capacitación. Manejo integrado de Plagas. Módulo 2. Fascículo 5. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú.
 82. Pérez, W; Forbes, G. 2008. El tizón tardío de la papa. Manual Técnico. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú.
 83. Pérez, W; Gamboa, S; Coca, M; Raymundo, R; Nelson, R. 1999. Characterization of *Phytophthora infestans* populations in Perú. Page 127 In: Proceedings of the global initiative on late blight (GILB) Conference. Quito, Ecuador. Vol I. L. Crissman, C. Lizarraga.
 84. Pérez, W; Gamboa, S; Coca, M; Raymundo, R; Nelson, R. 2000. Poblaciones de *Phytophthora infestans* en el sur del Perú. Fitopatología 35: 21.
 85. Pristou, R; Gallegly, ME. 1954. Leaf penetration by *Phytophthora infestans*. Phytopathology 44: 81-86.
 86. Raymundo, R. 1998. Estructura racial y reacción al metalaxil en poblaciones de *Phytophthora infestans* en cultivos de papa en Comas, Cuzco y Puno-Perú. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.

87. Raymundo, R. 2004. Esporulaci3n de *Phytophthora infestans* en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) y su relaci3n con el 1rea de lesi3n. Tesis Mg. Sc. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Per3.
88. Reuveni, M; Eyal, H; Cohen, Y. 1980. Development of resistance to metalaxyl in *Pseudoperonospora cubensis*. Plant Disease 64: 1108-1109.
89. Robinson, RA. 1969. Disease resistance terminology. Review of Applied Mycology 48:593-606.
90. Rotem, J; Cohen, Y. 1974. Epidemiological patterns of under semi-arid conditions. Phytopathology 64: 711-714.
91. Rotem, J; Palti, J; Lomas, J. 1970. Effects of sprinkler irrigation of various times of the day on development of potato late blight. Phytopathology 60:839-843.
92. S1nchez, GC; Smart, I; Simko, M; Bonierbale, E; Ewing, G; May, A; Greenland; Fry, WE. 2000. Identification of two new R-genes to *Phytophthora infestans* from *Solanum berthaultii*. Phytopathology. 90:S65 (Abstract).
93. Sato, N. 1979. Effect of soil temperatura on the field infection of potato tubers by *Phytophthora infestans*. Phytopathology 69: 989-993.
94. Schepers, HT. 2001. La Red Europea para el Manejo Integrado del Tiz3n Tard3o. In: Memorias del Taller Internacional Complementando la Resistencia al Tiz3n (*Phytophthora infestans*) en los Andes. Febrero 13-16, 2001. Cochabamba, Bolivia, GILB, Taller Latinoam3rica 1. E. N. Fern1ndez-Northcote ed. Centro Internacional de la Papa, Lima, Per3.
95. Shaner, G; Stromber, EL; Lacy, GH; Pirone, TP. 1992. Nomenclature and concepts of pathogenicity and virulence. Annual Review of Phytopathology 30:47-66.
96. Shattock, RC. 1988. Studies on the inheritance of resistance to metalaxyl in *Phytophthora infestans*. Plant Pathology 37: 4-11.
97. Shattock, RC; Janssen, BD; Whitbread, R; Shaw, DS. 1977. An interpretation of the frequencies of host specific phenotypes of between *Phytophthora infestans* in North Wales. Annals of Applied Biology 86:249-260.
98. Smart, CD; Sandrock, RW; Fry, R. 2000. Molecular techniques and mystery of the potato late blight pathogen. Pages 21-41 In: Plant-Microbe Interactions. Vol 5. Gary Stacey and Noel Keen (eds). The American Phytopathology Society Press. St. Paul Minnesota.

99. Staub, T. 1991. Fungicide resistance: Practical experience with antiresistance strategies and the role of integrated use. *Annual Review of Phytopathology* 29: 421-442.
100. Stewart, HE. 1990. Effect of planta ge and inoculum concentration on expression of major gene resistance to *Phytophthora infestans* in detached potato leaflets. *Mycological Research* 94:823-826.
101. Stewart, HE; Wastie, RL; Bradshaw, JE; Brown, J. 1992. Inheritance of resistance to late blight in foliage and tubers of progenies from parents differing in resistance. *Potato Research* 35:313-319.
102. Tanksley, SD. 1993. Mapping Polygenes. *Ann. Rev. Genet.* 27:205-233.
103. Thiele, G; Navia, O; Fernández-Northcote, EN. 1998. Análisis económico de la estrategia de control químico del tizón (*Phytophthora infestans*) para cultivares de papa susceptibles en Cochabamba, Bolivia. *Fitopatología* 33(3) : 176-181.
104. Thurston, HD. 1971. Relationship of general resistance: late blight of potato. *Phytopathology* 61:620-626.
105. Thurston, HD; Schultz, O. 1981. Late blight. *In: Compendium of potato diseases.* W.I. Hooker (ed.). American Phytopathological Society. St Paul, Minnesota. pp. 40-42.
106. Torres, H. 2002. Manual de las enfermedades más importantes de la papa en el Perú. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú.
107. Trujillo, AM. 1998. Empleo de fungicidas de contacto más resistentes al lavado, efecto de activadores de resistencia y cultivares resistentes en estrategias de control químico del tizón (*Phytophthora infestans*) de la papa. Tesis Ing. Agrónomo Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinaria «Martín Cárdenas». Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.
108. Turkensteen, LJ. 1989. Interaction of R-genes in breeding for resistance of potatoes against *Phytophthora infestans*. Pages 85-96 *in: Fungal diseases of the potato.* Conference CIP-Lima 21-25 September 1987.
109. Vartanian, VG; Endo, RM. 1985. Overwintering hosts, compatibility types, and races of *Phytophthora infestans* on tomato in southern California. *Plant Disease* 69: 516-519 (Gisi and Cohen, 1996).
110. Visker, MH; Keizer, LC; Budding, DJ; Van Loon, LC; Struik, PC. 2003. Leaf position prevails over age and leaf age in reflecting resistance to late blight in potato. *Phytopathology* 93:666-674.

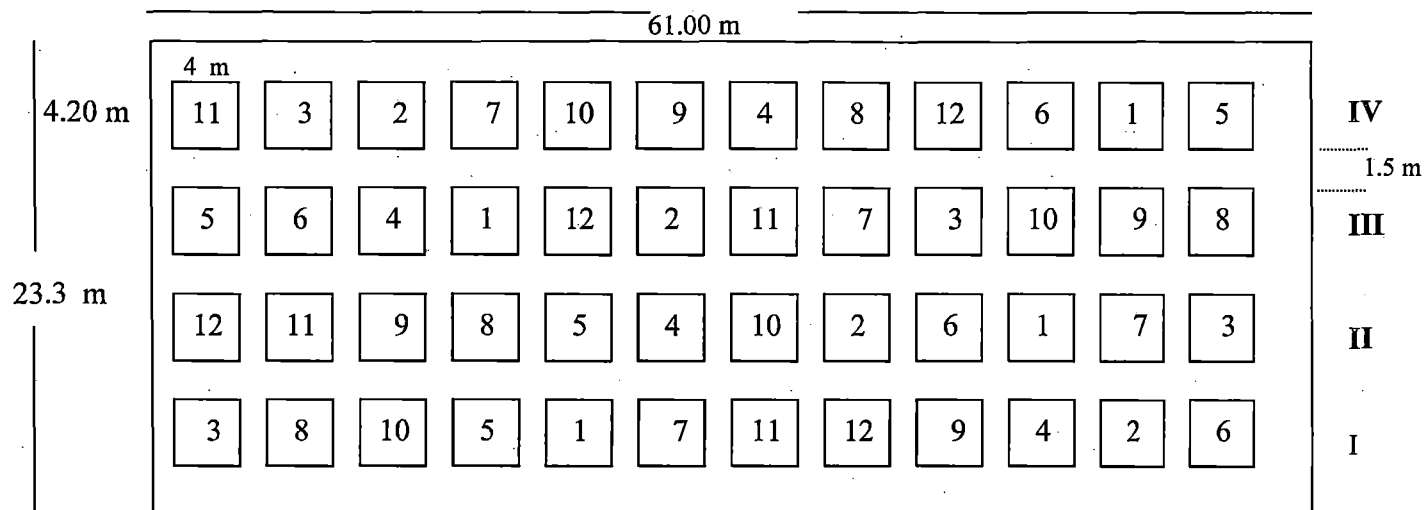
111. Vleeshouwers, VG; van Dooyeweert, W; Govers, F; Kamoun, S; Colon, LT. 2000. The hypersensitive response is associated with host and nonhost resistance to *Phytophthora infestans*. *Planta* 210:853-864.
112. Warren, RC; King, JE; Colhoun, J. 1971. Reaction of potato leaves to infection by *Phytophthora infestans* in relation to position on the plant. *Transactions of the British Mycological Society* 57:501-514.
113. Wastie, R. 1991. Breeding for resistance. Pages 193-224 in: *Phytophthora infestans*, the cause of late blight of potato. D. Ingram, and William, P. *Advances in Plant Pathology*. Vol. 7. Academic Press Ltd. London.
114. Wilson, UE; Coffey, MD. 1980. A cytological and ultrastructural study of general resistance to the late blight fungus *Phytophthora infestans* in potato foliage. *Bulletin de la Societe Botanique de France. Actualites Botaniques* 127: 185. (Abstract).
115. Zapata, JL. 1991. Combinación de inmunidad a los virus X e Y de la papa, y resistencia a *P. infestans* en clones de papa. Tesis M.Sc. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
116. Zentmeyer, GA. 1983. The world of *Phytophthora*. In: *Phytophthora: Its biology, taxonomy and pathology*. D.C. Erwin, S. Bartnicki-García, and P.H. Tsao (eds.). American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. pp. 1-8.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Escala para clasificación de tubérculos por categorías (Trujillo 1998).

Categoría	Tamaño (mm)	Peso (g)
Primera	mayor de 50	mayor de 80
Segunda	40 – 50	60 – 80
Tercera	30 – 40	40 – 60
Cuarta	menor de 30	menor de 40

Anexo 2: Croquis del Campo Experimental. Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001.



T₁ = Fitoraz 76 PM/Clorotalonil (EPCR)

T₂ = Testigo

T₃ = Fitoraz 76 PM/Clorotalonil (EPCS)

CULTIVARES RESISTENTES

C₁ = Amarilis

C₂ = Canchán

C₃ = Clon Negro

C₄ = Clon CIP 392633.10

CULTIVARES SUSCEPTIBLES

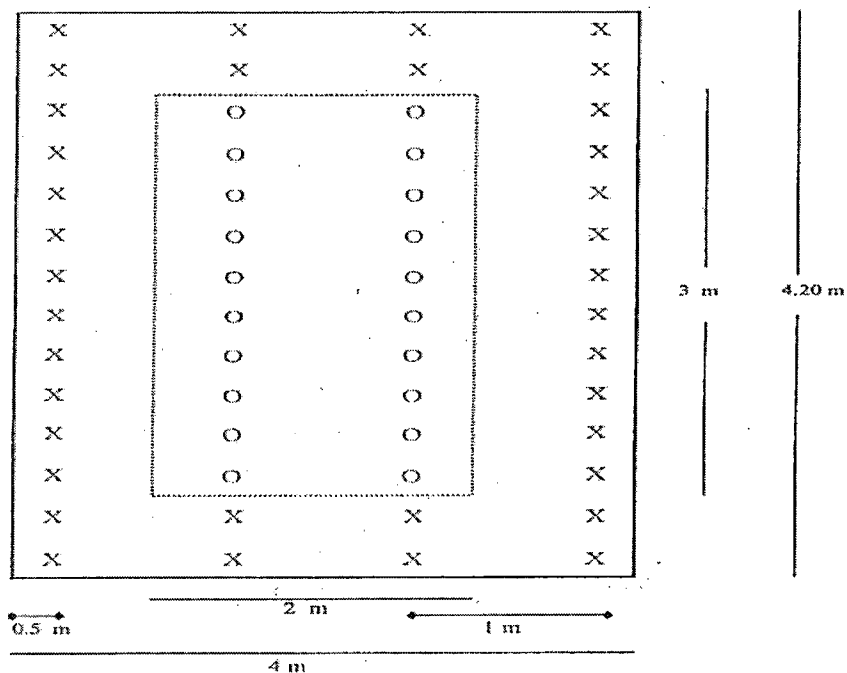
C₅ = Canchán

C₆ = Amarilla Tumbay

Tratamientos:

1. C₁T₁(Amarilis con estrategia para cultivares resistentes: Fitoraz/ Clorotalonil)
2. C₂T₁(Canchán con estrategia para cultivares resistentes: Fitoraz/ Clorotalonil)
3. C₃T₁ (Clon Negro con estrategia para cultivares resistentes: Fitoraz/ Clorotalonil)
4. C₄T₁(Clon CIP 392633.10 con estrategia para cultivares resistentes: Fitoraz/ Clorotalonil)
5. C₁T₂(Amarilis testigo absoluto sin aplicación)
6. C₃T₂ (Clon Negro testigo absoluto sin aplicación)
7. C₄T₂ (Clon CIP 392633.10 testigo absoluto sin aplicación)
8. C₆T₃ (Amarilla Tumbay con estrategia para cultivares susceptibles: Fitoraz/ Clorotalonil)
9. C₅T₃ (Canchán con estrategia para cultivares susceptibles: Fitoraz/ Clorotalonil)
10. C₂T₂(Canchán testigo con 6 aplicaciones: Fitoraz - Clorotalonil - Clorotalonil , Fitoraz- Clorotalonil - Clorotalonil)
11. C₆T₂(Amarilla Tumbay testigo sólo 3 aplicaciones 1^{ra} Fitoraz, 2^{da} Clorotalonil, 3^{ra} Clorotalonil)
12. C₅T₂(Canchán testigo sólo 3 aplicaciones: 1^{ra} Fitoraz, 2^{ra} Clorotalonil, 3^{ra} Clorotalonil)

Anexo 3: Detalle de una unidad experimental. Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001



Leyenda:

Área de la unidad experimental	= 16.80 m ²
Área neta experimental	= 6.0 m ²
Distancia entre surcos	= 1.0 m
Distancia entre plantas	= 0.30 m
Numero de plantas por unidad experimental	= 56
Numero de plantas por surco	= 14
Plantas experimentales	= o o o o
Plantas no experimentales	= x x x x
Área total del ensayo	= 1421.3 m ²

Anexo 4: Inicio y frecuencia de aplicaciones y su relación con las variables atmosféricas. Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001

Inicio y frecuencia de aplicaciones y su relación con las variables atmosféricas. Ensayo Mayobamba 1, Huánuco 2001.

	ENERO					FEBRERO					MARZO			ABRIL		
Semanas después de la siembra (sds)*	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación pluvial (mm)**	15	28	114	13	52	18	15	38	65	28	13	34	37	55	11	3
Humedad Relativa Máxima (%)	94	93	96	93	-	95	95	93	93	92	94	92	92	92	90	93
Humedad Relativa Mínima (%)	71	69	69	63	-	62	65	64	59	61	60	56	55	55	48	53
Temperatura Máxima (°C)	17	16	17	18	-	18	18	18	19	18	19	19	19	19	21	20
Temperatura Mínima (°C)	11	11	10	11	-	11	11	11	11	11	11	10	11	10	10	10

TRATAMIENTO	Días después (d)														Total Aplic
	50% emerg. 22 dds***	100% emerg. 7 d	7 d	4 d	7 d	10d	8 d	15d	6 d	8d	7 d	6 d			
8 = C6T3 A. Tumbay EPCS +	Fit	Fit	Bra	Bra	Fit	Bra	Fit	Bra	Bra	Bra	Bra	Bra	Bra	Bra	11
9 = C5T3 Canchán EPCS	Fit	Fit	Bra	Bra	Fit	Bra	Fit	Bra	Bra	Bra	Bra	Bra	Bra	Bra	11
10 = C6T3 Canchán testigo (6 aplic.)	Fit	Fit	Bra	Bra	Fit	Bra	Bra	-	-	-	-	-	-	-	6
11 = C6T3 A. Tumbay testigo (3 aplic.)	Fit	Fit	Bra	Bra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
12 = C6T3 Canchán testigo (3 aplic.)	Fit	Fit	Bra	Bra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
			35 dds	9d	8d	10d	7d	16d	8d	7d	6d				
1 = C1T1 Amarilis EPCR ++			Fit	Bra	Fit	Bra	Fit	Bra	Bra	Bra	Bra	Bra	Bra	Bra	9
2 = C2T1 Canchán EPCR			Fit	Bra	Fit	Bra	Fit	Bra	Bra	Bra	Bra	Bra	Bra	Bra	9
4 = C4T1 Clon CIP 392633.10 EPCR			Fit	Bra	Fit	Bra	Fit	Bra	Bra	Bra	Bra	Bra	Bra	Bra	9
5 = C4T1 Amarilis testigo absoluto			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
6 = C4T1 Clon Negro testigo absoluto			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
7 = C4T1 Clon CIP 392633.10 testigo absoluto			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
			45 dds	12d				23d	8d	8d		10d			
3 = C3T1 Clon Negro EPCR			Fit	Bra	Fit	Bra	Fit	Bra	Fit	Bra	Fit	Bra	Fit	Bra	6

sds	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0 dds	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105

* sds = semanas después de la siembra.

** La precipitación pluvial es el total semanal y la humedad relativa son promedios semanales

*** dds = días después de la siembra.

+ EPCS = estrategia para cultivares susceptibles.

++ EPCR = estrategia para cultivares resistentes.

Anexo 5: Medio V-8 al 10% no clarificado.

El medio V-8 al 10% no clarificado es un medio selectivo indicado para obtener la esporulación de *P. infestans*.

<u>Ingredientes para 1 litro</u>	<u>Cantidad</u>
Jugo V-8	100 ml
CaCO ₃	1 g
β – sistosterol	0.05 g
Agar	15 g

Procedimiento :

- En un beaker mezclar el jugo V8 con 700 ml de agua destilada en vidrio
- Adicionar el CaCO₃ y el agar.
- Calentar hasta que el agar se funda
- Completar con agua destilada hasta 1 litro
- Luego adicionar el β-sistosterol, previamente disuelto en éter
- Distribuir el medio en erlenmeyers, acondicionar y esterilizar a 15 lbs. de presión por 20 minutos.

Antes de plaquear, cuando el medio se encuentre a una temperatura moderada adicionar los antibióticos (1 ml/litro de medio).

Antibióticos para el medio de Cornell:

- Vancomycin..... 100 mg/l
- Polymixin B 500 mg/l
- Ampicillin 200 mg/l
- Rifampicin 20 mg/l
- PCNB (75% WP) 67 mg/l
- Benlate (50% WP) 100 mg/l

Anexo 6: Medio Centeno B.

Este medio es recomendado para favorecer la esporulación de *P. infestans*

<u>Ingredientes para 1 litro</u>	<u>Cantidad</u>
Semilla de centeno	60 g
Sucrosa	20 g
β -citossterol	0.05 g
Agar	15 g

Preparación:

- Hervir 60 g de centeno en 500 ml de agua destilada por una hora.
- Filtrar el sobrenadante por cuatro capas de gasa.
- Al sobrenadante filtrado se adicionar la Sucrosa, el agar y el β -citossterol previamente disuelto en 1 ml de diclorometano.
- Esterilizar a 15 lbs de presión por 20 minutos.
- Antes de realizar el plaqueo, a una temperatura moderada, adicionar los antibióticos (1 ml/litro de medio)

Anexo 7: Medio Centeno A.

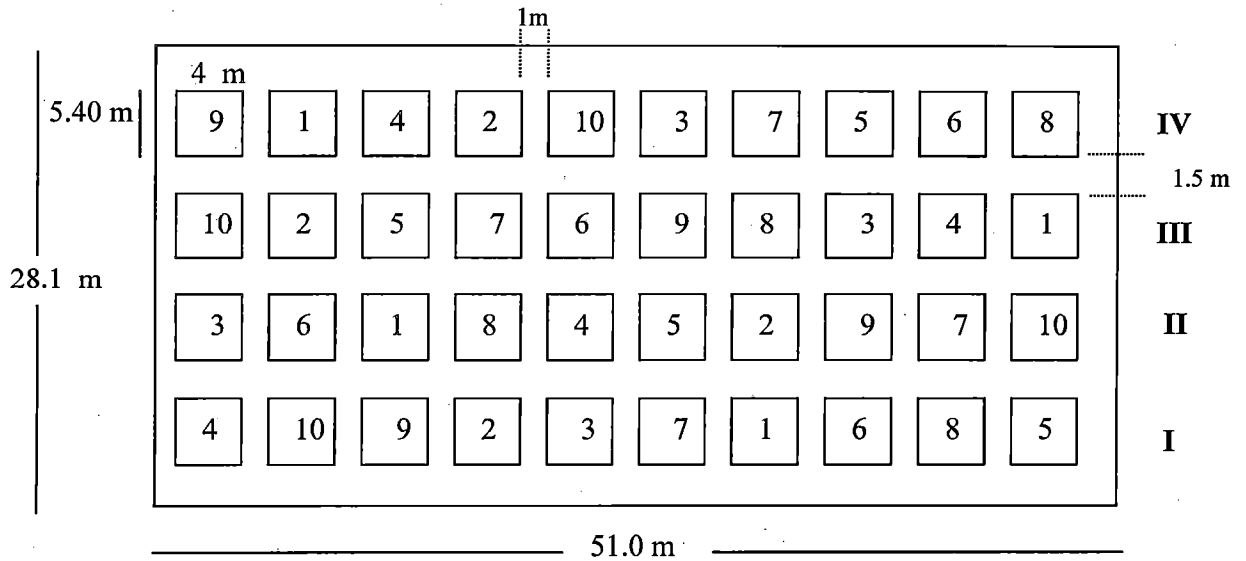
Se utiliza para el mantenimiento de *P. infestans*

<u>Ingredientes para 1 litro</u>	<u>Cantidad</u>
Semilla de centeno.....	60 g
Sucrosa	20 g
Agar	15 g

Preparación:

- Remojar los granos de centeno por 24 horas con 100 ml de agua destilada.
- Separar el sobrenadante líquido de los granos de centeno con ayuda de una gasa.
- Licuar los granos de centeno por 2 minutos (puede adicionarse agua destilada) e incubar por 3 horas a 50°C.
- Filtrar a través de una gasa y descartar el sedimento.
- Combinar el sobrenadante original y el filtrado con el agar y la sucrosa, ajustar el volumen a 1 litro.
- Autoclavar a 15 lbs de presión por 20 minutos.

Anexo 8: Croquis del Campo Experimental. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.



Tratamientos:

T1: Fitoraz 76 PM sólo c/5 días.

T2: Fitoraz 76 PM sólo c/10 días.

T3: Clorotalonil sólo c/5 días.

T4: Clorotalonil sólo c/10 días.

T5: Ridomil Gold MZ sólo c/5 días.

T6: Ridomil Gold MZ sólo c/10 días.

T7: Fitoraz 76 PM/Clorotalonil (estrategia para cultivares susceptibles)

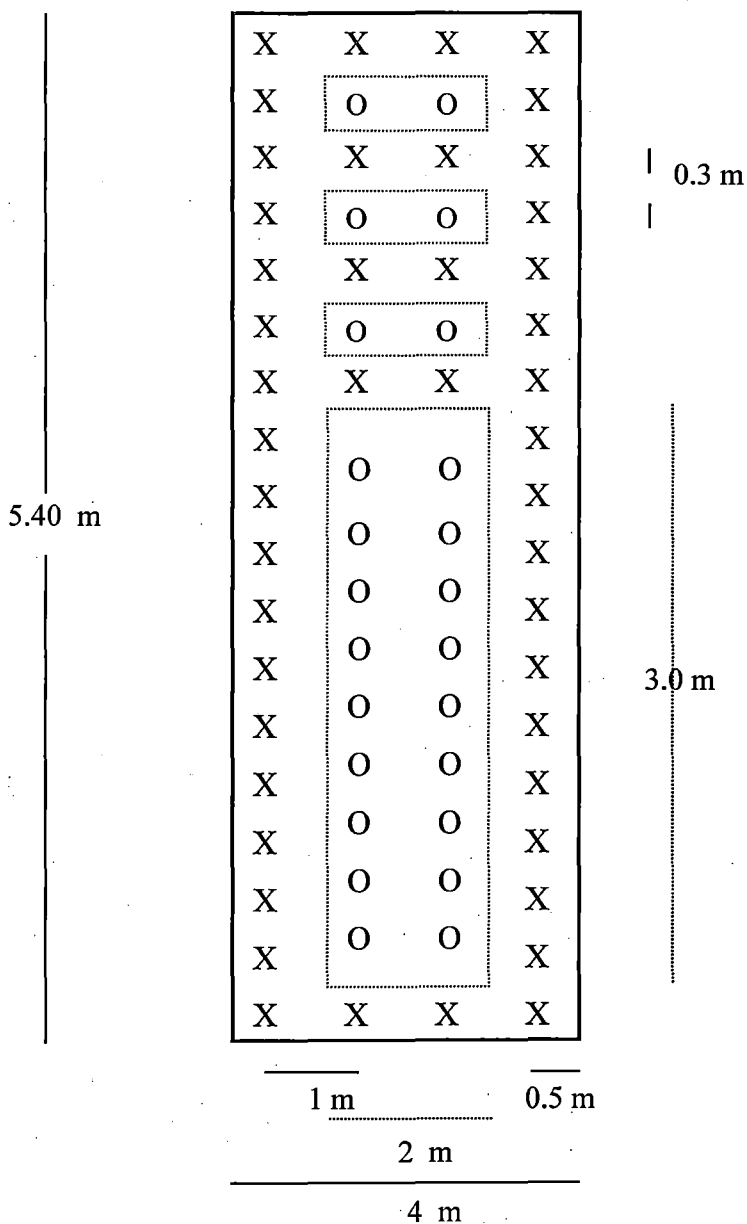
8T: Ridomil Gold MZ/Clorotalonil (estrategia para cultivares susceptibles)

T9: Testigo (sólo tres aplicaciones: 1^{ra} Fitoraz, 2^{da} Clorotalonil, 3^{ra} Clorotalonil)

T10: Testigo absoluto (sin aplicación)

Cultivar: Amarilla Tumbay

Anexo 9: Detalle de una unidad experimental para los ensayos 2 y 3. Mayobamba, Huánuco 2001.

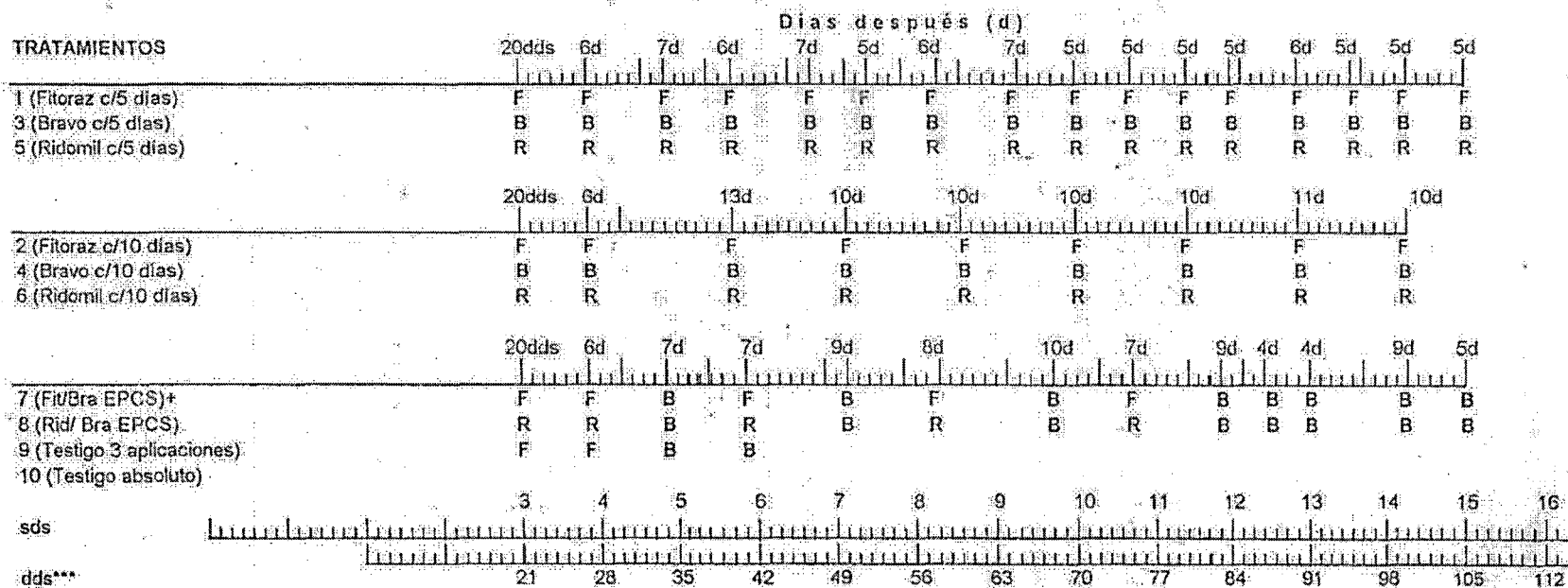


Leyenda:

Area de la unidad experimental	=	21.6 m ²
Area neta experimental	=	6.0 m ²
Distancia entre surcos	=	1.0 m
Distancia entre plantas	=	0.30 m
Numero de plantas por surco	=	18
Numero de plantas por unidad experimental	=	72
Plantas experimentales	=	o o o o
Plantas no experimentales	=	x x x x

Anexo 10: Inicio y frecuencia de aplicaciones y su relación con las variables atmosféricas. Ensayo-2, Mayobamba, Huánuco 2001.

	M A R Z O				A B R I L				M A Y O				J U N I O	
Semanas después de la siembra (sds)*	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Precipitación pluvial (mm)**	38	65	28	13	34	37	55	11	3	29	9	22	9	1
Humedad Relativa Máxima (%)	93	93	92	94	92	92	92	90	93	100	100			
Humedad Relativa Mínima (%)	64	59	61	60	56	55	55	48	53	63	69			
Temperatura Máxima (°C)	18	19	18	19	19	19	19	21	20	21	19			
Temperatura Mínima (°C)	11	11	11	11	10	11	10	10	10	11	10			



* sds= Semanas después de la siembra.

** La precipitación pluvial es el total semanal y la temperatura y humedad relativa son promedios semanales.

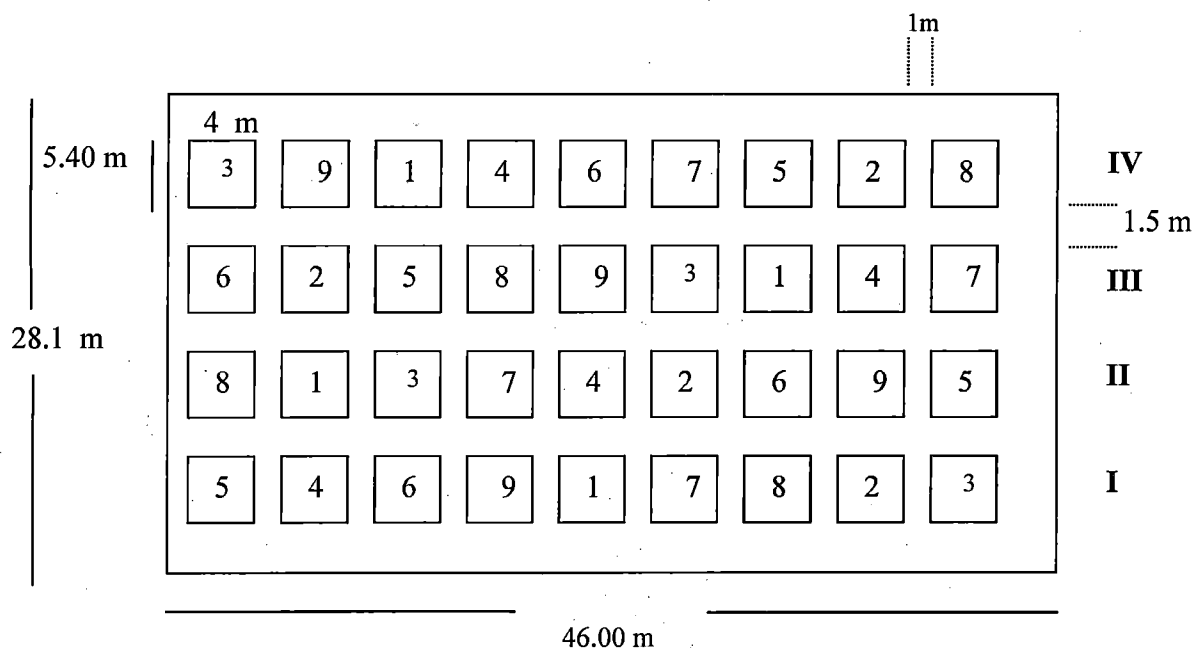
*** dds= Días después de la siembra.

EPCS+= Estrategia para cultivares susceptibles.

Anexo 11: Variables atmosféricas durante el muestreo para análisis de crecimiento de la lesión en el tratamiento Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9). Ensayo-2, Mayobamba, Huánuco-2001

Variable	Promedio semanal
Temperatura máxima	19 °C
Temperatura mínima	11 °C
Temperatura media	14 °C
Humedad Relativa Máxima	92 %
Humedad Relativa Mínima	57 %
Humedad Relativa media	79 %
Horas de HR mayor de 90%	3
Precipitación (mm)	8

Anexo 12: Croquis del Campo Experimental. Ensayo 3, Mayobamba, Huánuco-2001.



Tratamientos:

- T1 = Fitoraz 76 PM sólo c/5 días.
- T2 = Fitoraz 76 PM sólo c/10 días.
- T3 = Clorotalonil sólo c/5 días.
- T4 = Clorotalonil sólo c/10 días.
- T5 = Ridomil Gold MZ sólo c/5 días.
- T6 = Ridomil Gold MZ sólo c/10 días.
- T7 = Fitoraz 76 PM/Clorotalonil (estrategia para cultivares resistentes)
- T8 = Ridomil Gold MZ/Clorotalonil (estrategia para cultivares resistentes)
- T9 = Testigo absoluto (sin aplicación).

Cultivar: Amarilis

Anexo 13: Inicio y frecuencia de aplicaciones y su relación con las variables atmosféricas. Ensayo-3, Mayobamba, Huánuco 2001.

	MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO	
Semanas después de la siembra (sds)*	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Precipitación pluvial (mm)**	65	28	13	34	37	55	11	3	29	9	22	9	1	4
Humedad Relativa Máxima (%)	93	92	94	92	92	92	90	93	100	100				
Humedad Relativa Mínima (%)	59	61	60	56	55	55	48	53	63	69				
Temperatura Máxima (°C)	19	18	19	19	19	19	21	20	21	19				
Temperatura Mínima (°C)	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10				

TRATAMIENTOS	Días después (d)													
	35dds	6d	5d	6d	7d	5d	5d	5d	5d	5d	5d	5d	5d	5d
1 (Fitoraz c/5 días)	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
3 (Bravo c/5 días)	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
5 (Ridomil c/5 días)	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	35dds	9d	10d	10d	10d	10d	10d	10d	10d	10d	10d	10d	10d	10d
2 (Fitoraz c/10 días)	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
4 (Bravo c/10 días)	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
6 (Ridomil c/10 días)	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	35dds	9d	8d	10d	7d	9d	4d	4d	8d	5d	11d	11d	11d	11d
7 (Fit. Bra. EPCR)+	F	B	F	B	F	B	F	B	B	B	B	B	B	B
8 (Rid. Bra. EPCR)	R	B	R	B	R	B	R	B	B	B	B	B	B	B
9 (Testigo Absoluto)														
sds	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
dds***	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	112	119	126

* sds= Semanas después de la siembra.

** La precipitación pluvial es el total semanal y la temperatura y humedad relativa son promedios semanales.

*** dds= Días después de la siembra.

EPCR+= Estrategia para cultivos resistentes.

**Anexo 14: Análisis de variancia para el rendimiento de categoría primera (t/ha).
Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001.**

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Pr>F
Bloques	3	11.09229167	3.69743056	0.55	0.6536NS
Trat.	11	4441.09729167	403.73611742	59.73	0.0001 **
Error	33	223.04020833	6.75879419	---	---
Total	47	4675.22979167	---	---	---

C.V. = 24.07

**Anexo 15: Prueba de Duncan para el rendimiento de categoría primera (t/ha).
Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001.**

OM	Tratamiento	Promedio (t/ha)	Significación 0.05
1°	4	30.925	a
2°	2	21.775	b
3°	1	18.125	b c
4°	9	17.025	c
5°	3	15.700	c
6°	10	11.600	d
7°	8	8.075	d
8°	6	3.075	e
9°	12	2.100	e
10°	7	1.225	e
11°	5	0.00	e
12°	11	0.00	e

**Anexo 16: Análisis de variancia para número de esporangios por cm²
entre los tratamientos: Clon negro testigo absoluto (T6) y Canchán
testigo con 6 aplicaciones (T10). Tercio superior. Ensayo 1,
Mayobamba, Huánuco 2001.**

F.V.	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Trat.	1	0.36423113	15.27	0.0298
Bloque	3	0.03990913	1.67	0.3414
Error	3	0.02384879		
Total	7			

C.V. (%) = 3.36

Anexo 17: Comparación de medias (Tukey P=0.05) para número de esporangios por cm² entre los tratamientos: Clon negro testigo absoluto (T6) y Canchán testigo con 6 aplicaciones (T10). Tercio superior. Ensayo 1, Mayobamba, Huánuco 2001.

Tratamientos	Nº de esporangios por cm ² (1)
T10 (Canchán Testigo con 6 aplic.)	4.8125 a (2)
T6 (Clon negro Testigo absoluto)	4.3858 b

(1) Datos transformados a log10

(2) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Tukey (P= 0.05)

Anexo 18: Datos referentes al muestreo en los tres ensayos para cuantificación del número de esporangios. Mayobamba, Huánuco 2001.

Ensa- yo	Trata- miento	Tercio	Días al muestreo (dds)	T°max Día anterior (°C)	T°min. Día anterior (°C)	HR max. (%) Día anterior	% Follaje afectado Día anterior	Nºesp. por 1.5 cm ²	Nº esp. por cm ²
E-1	T6 (Clon negro Testigo Abs.	Sup.	103	21.3	11.3	92.3	94.5	37,188	24,792
E-1	T10 (Canchán Test.6aplic.)	Sup.	103 (38 dd últ. Aplic)	21.3	11.3	92.3	61.25	107,813	71,875
E-2	T9 (A.Tum- bay Testigo 3 aplic.)	Sup.	77 (37 dd últ. Aplic.)	19.8	9.0	92.3	70	72,000	48,000
E-2	T9 (A.Tum- bay Testigo 3 aplic.)	Medio	77 (37 dd últ. Aplic.)	19.8	9.0	92.3	70	66,000	44,000
E-2	T9 (A.Tum- bay Testigo 3 aplic.)	Inf.	77 (37 dd últ. Aplic.)	19.8	9.0	92.3	70	55,000	36,667
E-2	T10(A.Tum- bay Testigo absoluto)	Sup.	64	21.3	11.3	92.3	97.25	101,875	67,917
E-2	T10(A.Tum- bay Testigo absoluto)	Medio	64	21.3	11.3	92.3	97.25	88,750	59,167
E-2	T10(A.Tum- bay Testigo absoluto)	Inf.	64	21.3	11.3	92.3	97.25	122,188	81,458
E-3	T9 (Amarilis Testigo Abs.	Sup.	59	21.3	11.3	92.3	92.25	112,500	75,000
E-3	T9 (Amarilis Testigo Abs.	Medio	59	21.3	11.3	92.3	92.25	85,313	56,875
E-3	T9 (Amarilis Testigo Abs.	Inf.	59	21.3	11.3	92.3	92.25	149,063	99,375

Anexo 19: Análisis de variancia para el rendimiento de categoría primera (t/ha) en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	20.51866750	6.83955583	3.23	0.0381 *
Trat.	9	449.39440250	49.93271139	23.55	0.0001 **
Error	27	57.25810750	2.12067065	---	---
Total	39	527.17117750	----	---	---

C.V. = 31.22

Anexo 20: Prueba de Duncan para el rendimiento de categoría primera (t/ha) en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

O.M.	Tratamiento	Promedio (t/ha)	Significación 0.05
1°	3	10.383	a
2°	5	8.235	b
3°	8	6.948	b
4°	7	6.830	b
5°	1	5.965	b c
6°	4	4.068	c d
7°	6	2.338	d e
8°	2	1.040	e f
9°	9	0.838	e f
10°	10	0.00	f

Anexo 21: Análisis de variancia para número de esporangios por cm² entre tercios del tratamiento Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

F.V.	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Trat.	2	0.02650975	0.46	0.6500
Bloque	3	0.05110342	0.89	0.4970
Error	6	0.05722308		
Total	11			

C.V. (%) = 5.21

Anexo 22: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para número de esporangios por cm² entre tercios del tratamiento Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

Tercio de la planta	N° de esporangios por cm ² (1)
Superior	4.6735 a (2)
Medio	4.5765 a
Inferior	4.5118 a

(1) Datos transformados a log₁₀

(2) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Tukey (P= 0.05)

Anexo 23: Análisis de variancia para número de esporangios por cm² entre tercios del tratamiento Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

F.V.	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Trat.	2	0.09160258	1.28	0.3446
Bloque	3	0.19593031	2.74	0.1359
Error	6	0.07161181		
Total	11			

C.V. (%) = 5.65

Anexo 24: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para número de esporangios por cm² entre tercios del tratamiento Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

Tercio de la planta	Nº de esporangios por cm ² (1)
Inferior	4.8928 a (2)
Superior	4.7280 a
Medio	4.5905 a

(1) Datos transformados a log₁₀

(2) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Tukey (P= 0.05)

Anexo 25: Análisis de variancia para número de esporangios por cm² entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9) y Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Tercio superior. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

F.V.	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Trat.	1	0.00594050	0.09	0.7824
Bloque	3	0.05639783	0.87	0.5459
Error	3	0.06517117		
Total	7			

C.V. (%) = 5.43

Anexo 26: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para número de esporangios por cm² entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9) y Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Tercio superior. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

Tratamientos	Nº de esporangios por cm ² (1)
T10 (A. Tumbay testigo absoluto)	4.7280 a (2)
T9 (A. Tumbay testigo con 3 aplic.)	4.6735 a

(1) Datos transformados a log₁₀

(2) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Tukey (P= 0.05)

Anexo 27: Análisis de variancia para número de esporangios por cm² entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9) y Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Tercio medio. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

F.V.	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Trat.	1	0.00039200	0.00	0.9644
Bloque	3	0.12548067	0.75	0.5904
Error	3	0.16718000		
Total	7			

C.V. (%) = 8.92

Anexo 28: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para número de esporangios por cm² entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9) y Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Tercio medio. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

Tratamientos	Nº de esporangios por cm ² (1)
T10 (A. Tumbay Testigo absoluto)	4.5905 a (2)
T9 (A. Tumbay Testigo 3 aplic.)	4.5765 a

(1) Datos transformados a log₁₀

(2) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Tukey (P= 0.05)

Anexo 29: Análisis de variancia para número de esporangios por cm² entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9) y Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Tercio inferior. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

F.V.	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Trat.	1	0.29032200	6.26	0.0876
Bloque	3	0.04408017	0.95	0.5163
Error	3	0.04639367		
Total	7			

C.V. (%) = 4.58

Anexo 30: Comparación de medias (Tukey P = 0.05) para número de esporangios por cm² entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo con 3 aplicaciones (T9) y Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10). Tercio inferior. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

Tratamientos	Nº de esporangios por cm ² (1)
T10 (A. Tumbay Testigo absoluto)	4.8928 a (2)
T9 (A. Tumbay Testigo 3 aplic.)	4.5118 a

(1) Datos transformados a log₁₀

(2) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Tukey (P= 0.05)

Anexo 31: Análisis de variancia de la tasa de crecimiento lineal (TCL) de la lesión por tercios de la planta. Area de la lesión en mm² calculado por el programa ASSESS. Ensayo-2, Mayobamba, Huánuco 2001.

Fuentes de Variabilidad	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Prueba F	P > F
Tratamiento	2	0.20751032	1.27	0.2927
Error	35	0.16303430		
Total	37			

C.V. (%) = 29.5

Anexo 32: Determinación del área foliar infectado (mm²) mediante el Programa ASSESS y tasa de crecimiento lineal de la lesión. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001.

N° muestra	Area foliar infectada (mm ²)			Tasa de Crecimiento Lineal – TCL (mm/día)
	0 días	2 días	4 días	
Tercio superior				
1 - E2-I-9-2 S	13.32	77.96	183.87	1.40
2 - E2-I-9-4 S	11.65	144.44	251.64	1.76
3 - E2-II-9-1 S	4.61	26.12	147.1	1.41
4 - E2-II-9-1 S	9.56	66.9	145	1.26
5 - E2-II-9-1 S	21.26	93.25	162.38	1.15
6 - E2-II-9-2 S	19.17	43.03	95.37	0.76
7 - E2-II-9-4 S	4.59	41.07	226.07	1.82
8 - E2-III-9-1 S	10.13	26.06	125.74	1.13
9 - E2-III-9-3 S	36.51	122.13	279.38	1.51
10 - E2-IV-9-1S	7.55	54.9	117.62	1.14
11 - E2-IV-9-1S	8.19	56.03	205.27	1.62
12 - E2-IV-9-3S	1	14.17	107.66	1.32
Promedio	12.295	63.838	170.592	1.36
Tercio medio				
13 - E2-I-9-2M	161.41	256.15	331.98	0.78
14 - E2-I-9-2M	31.96	159.61	342.65	1.81
15 - E2-I-9-4M	3.07	45.69	145.22	1.45
16 - E2-I-9-4M	30.44	62.07	149.12	0.94
17 - E2-II-9-2M	35.13	114.94	167.69	0.99
18 - E2-III-9-1M	58.01	220.57	336.3	1.51
19 - E2-III-9-2M	15.67	57.3	148.75	1.16
20 - E2-III-9-2M	13.03	63.23	177.08	1.37
21 - E2-III-9-3M	14.27	43.83	75.46	0.69
22 - E2-III-9-3M	7.13	46.52	127.33	1.21
23 - E2-III-9-4M	12.01	81.79	104.06	0.95
24 - E2-III-9-4M	29.3	104.34	257.18	1.50
25 - E2-IV-9-1M	2.18	98.23	184.02	1.71
26 - E2-IV-9-3M	50	130.95	235.18	1.17
27 - E2-IV-9-3M	24.2	89.7	277.25	1.65
28 - E2-IV-9-4M	50.79	206.29	304.39	1.46
Promedio	33.663	111.326	210.229	1.27
Tercio inferior				
29 - E2-I-9-3 inf.	97.56	311.57	792.75	2.58
30 - E2-II-9-2 inf.	33.38	104.75	297.79	1.62
31 - E2-II-9-4 inf.	45.23	164.12	258.53	1.32
32 - E2-II-9-4 inf.	54.77	163.39	184.25	0.87
33 - E2-III-9-2inf	8.22	57.88	193.21	1.56
34 - E2-III-9-2inf	99.81	72.56	309.03	1.07
35 - E2-III-9-3inf	10.5	91.15	213.05	1.60
36 - E2-III-9-3inf	137.19	414.87	512.25	1.54
37 - E2-IV-9-1inf	5.41	34.35	64.3	0.80
38 - E2-IV-9-4inf	111.91	370.89	743.52	2.35
Promedio	60.398	178.553	356.868	1.53

Anexo 33: Análisis de variancia de la tasa de crecimiento de la lesión por tercios de la planta. Porcentaje de Area Foliar Afectado calculado por el Método de la Pesada. Ensayo-2, Mayobamba, Huánuco 2001.

Fuentes de Variabilidad	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Prueba F	P > F
Tratamiento	2	8.91495646	7.67	0.0034
Bloque	15	1.92175556	1.65	0.1454
Error	20	1.16233539		
Total	37			

C.V. = 42.36

Anexo 34: Determinación del porcentaje de área foliar infectado por el método de la pesada y tasa de crecimiento de la lesión. Ensayo 2, Mayobamba, Huánuco 2001

Foliolos del tercio superior

N° muestra	Peso Total Foliolo (g)	Peso del Area Foliar Infectado (g)			Porcentaje de Area Foliar Infectado (%)			Tasa de crecimiento
		0 días	2 días	4 días	0 días	2 días	4 días	
1 - E2-I-9-2 S	0.207	0.002	0.011	0.021	0.97	5.31	10.14	2.29468599
2 - E2-I-9-4 S	0.323	0.003	0.027	0.034	0.93	8.36	10.53	2.3993808
3 - E2-II-9-1 S	0.346	0.001	0.008	0.021	0.29	2.31	6.07	1.44508671
4 - E2-II-9-1 S	0.32	0.001	0.014	0.021	0.31	4.38	6.56	1.5625
5 - E2-II-9-1 S	0.32	0.002	0.015	0.025	0.63	4.69	7.81	1.796875
6 - E2-II-9-2 S	0.291	0.002	0.008	0.015	0.69	2.75	5.15	1.11683849
7 - E2-II-9-4 S	0.231	0.001	0.008	0.028	0.43	3.46	12.12	2.92207792
8 - E2-III-9-1 S	0.161	0.001	0.005	0.014	0.62	3.11	8.70	2.01863354
9 - E2-III-9-3 S	0.196	0.002	0.019	0.024	1.02	9.69	12.24	2.80612245
10 - E2-IV-9-1S	0.295	0.001	0.009	0.012	0.34	3.05	4.07	0.93220339
11 - E2-IV-9-1S	0.285	0.001	0.01	0.017	0.35	3.51	5.96	1.40350877
12 - E2-IV-9-3S	0.369	0.001	0.003	0.009	0.27	0.81	2.44	0.54200542
Promedio		0.0015	0.011417	0.0200833	0.57	4.29	7.65	1.76999321

Anexo 34: Foliolos del tercio medio (Continuación)

N° muestra	Peso Total Foliolo (g)	Peso del Area Foliar Infectada (g)			Porcentaje de Area Foliar Infectada (%)			Tasa de crecimiento
		0 días	2 días	4 días	0 días	2 días	4 días	
13 – E2-I-9-2M	0.161	0.015	0.031	0.045	9.32	19.25	27.95	4.65838509
14 – E2-I-9-2M	0.258	0.01	0.026	0.044	3.88	10.08	17.05	3.29457364
15 – E2-I-9-4M	0.347	0.001	0.009	0.025	0.29	2.59	7.20	1.72910663
16 – E2-I-9-4M	0.347	0.004	0.012	0.024	1.15	3.46	6.92	1.44092219
17 – E2-II-9-2M	0.232	0.01	0.023	0.025	4.31	9.91	10.78	1.61637931
18 – E2-II-9-1M	0.235	0.014	0.03	0.035	5.96	12.77	14.89	2.23404255
19 – E2-III-9-2M	0.418	0.003	0.014	0.028	0.72	3.35	6.70	1.49521531
20 – E2-III-9-2M	0.418	0.003	0.012	0.029	0.72	2.87	6.94	1.55502392
21 – E2-III-9-3M	0.183	0.002	0.009	0.013	1.09	4.92	7.10	1.50273224
22 – E2-III-9-3M	0.183	0.002	0.011	0.018	1.09	6.01	9.84	2.18579235
23 – E2-III-9-4M	0.168	0.003	0.012	0.015	1.79	7.14	8.93	1.78571429
24 – E2-III-9-4M	0.143	0.005	0.018	0.035	3.50	12.59	24.48	5.24475524
25 – E2-IV-9-1M	0.168	0.002	0.016	0.036	1.19	9.52	21.43	5.05952381
26 – E2-IV-9-3M	0.364	0.012	0.021	0.048	3.30	5.77	13.19	2.47252747
27 – E2-IV-9-3M	0.364	0.005	0.016	0.031	1.37	4.40	8.52	1.78571429
28 – E2-IV-9-4M	0.332	0.013	0.029	0.035	3.92	8.73	10.54	1.65662651
Promedio		0.0065	0.018063	0.030375	2.724	7.710	12.653	2.48231468

Universidad Nacional Agraria
 Biblioteca Agrícola Nacional

Anexo 34: Foliolos del tercio inferior (Continuación)

N° muestra	Peso Total Foliolo (g)	Peso del Area Foliar Infectada (g)			Porcentaje de Area Foliar Infectada (%)			Tasa de crecimiento
		0 días	2 días	4 días	0 días	2 días	4 días	
29 – E2-I-9-3 inf.	0.262	0.024	0.066	0.094	9.16	25.19	35.88	6.67938931
30 – E2-II-9-2 inf.	0.24	0.006	0.02	0.045	2.50	8.33	18.75	4.0625
31 – E2-II-9-4 inf.	0.412	0.008	0.028	0.075	1.94	6.80	18.20	4.06553398
32 – E2-II-9-4 inf.	0.412	0.021	0.037	0.051	5.10	8.98	12.38	1.82038835
33 – E2-III-9-2inf	0.264	0.003	0.018	0.031	1.14	6.82	11.74	2.65151515
34 – E2-III-9-2inf	0.253	0.017	0.024	0.039	6.72	9.49	15.42	2.17391304
35 – E2-III-9-3inf	0.43	0.003	0.021	0.051	0.70	4.88	11.86	2.79069767
36 – E2-III-9-3inf	0.372	0.024	0.058	0.067	6.45	15.59	18.01	2.88978495
37 – E2-IV-9-1inf	0.092	0.002	0.008	0.015	2.17	8.70	16.30	3.5326087
38 – E2-IV-9-4Inf	0.453	0.029	0.066	0.121	6.40	14.57	26.71	5.07726269
Promedio		0.0137	0.0346	0.0589	4.228	10.935	18.525	3.57435938

43862

Anexo 35: Análisis de variancia para el rendimiento de categoría primera (t/ha) en el cultivar Amarilis. Ensayo 3, Mayobamba, Huánuco 2001.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	67.83036389	22.61012130	3.23	0.0402 *
Trat.	8	749.52295556	93.69036944	13.38	0.0001 **
Error	24	168.04991111	7.00207963	---	---
Total	35	985.40323056	---	---	---

C.V. = 24.29

Anexo 36: Prueba de Duncan para el rendimiento de categoría primera (t/ha) en el cultivar Amarilis. Ensayo 3, Mayobamba, Huánuco 2001.

O.M.	Tratamiento	Promedio	Significación 0.05
1°	5	15.943	a
2°	7	15.118	a b
3°	1	14.425	a b c
4°	8	12.595	a b c d
5°	3	11.405	b c d e
6°	4	10.678	c d e
7°	6	9.958	d e
8°	2	7.923	e
9°	9	0.00	f

Anexo 37: Análisis de variancia para número de esporangios por cm² entre tercios del tratamiento Amarilis testigo absoluto (T9). Ensayo 3, Mayobamba, Huánuco 2001.

F.V.	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Trat.	2	0.06741608	0.94	0.4412
Bloque	3	0.11162053	1.56	0.2943
Error	6	0.07165753		
Total	11			

C.V. (%) = 5.56

Anexo 38: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para número de esporangios por cm² entre tercios del tratamiento Amarilis testigo absoluto (T9). Ensayo 3, Mayobamba, Huánuco 2001.

Tercio de la planta	N° de esporangios por cm ² (1)
Inferior	4.9520 a (2)
Superior	4.7960 a
Medio	4.6943 a

(1) Datos transformados a log₁₀

(2) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Tukey (P= 0.05)

Anexo 39: Análisis de variancia para número de esporangios por cm² entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10) del Ensayo 2 y Amarilis testigo absoluto (T9) del Ensayo 3. Tercio superior. Mayobamba, Huánuco 2001.

F.V.	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Trat.	1	0.00924800	0.06	0.8293
Bloque	3	0.05441733	0.32	0.8097
Error	3	0.16746000		
Total	7			

C.V. (%) = 8.59

Anexo 40: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para número de esporangios por cm² entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10) del Ensayo 2 y Amarilis testigo absoluto (T9) del Ensayo 3. Tercio superior. Mayobamba, Huánuco 2001.

Tratamientos	Nº de esporangios por cm ² (1)
T9 (Amarilis testigo absoluto-E3)	4.7960 a (2)
T10 (A. Tumbay testigo absoluto-E2)	4.7280 a

(1) Datos transformados a log10

(2) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Tukey (P= 0.05)

Anexo 41: Análisis de variancia para número de esporangios por cm² entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10) del Ensayo 2 y Amarilis testigo absoluto (T9) del Ensayo 3. Tercio medio. Mayobamba, Huánuco 2001.

F.V.	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Trat.	1	0.02152813	0.52	0.5229
Bloque	3	0.24561046	5.93	0.0888
Error	3	0.04139079		
Total	7			

C.V. (%) = 4.38

Anexo 42: Comparación de medias (Tukey P = 0.05) para número de esporangios por cm² entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10) del Ensayo 2 y Amarilis testigo absoluto (T9) del Ensayo 3. Tercio medio. Mayobamba, Huánuco 2001.

Tratamientos	Nº de esporangios por cm ² (1)
T9 (Amarilis testigo absoluto-E3)	4.6943 a (2)
T10 (A. Tumbay testigo absoluto-E2)	4.5905 a

(1) Datos transformados a log10

(2) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Tukey (P= 0.05)

Anexo 43: Análisis de variancia para número de esporangios por cm² entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10) del Ensayo 2 y Amarilis testigo absoluto (T9) del Ensayo 3. Tercio inferior. Mayobamba, Huánuco 2001.

F.V.	G.L.	C.M.	F	Pr > F
Trat.	1	0.00702113	1.04	0.3825
Bloque	3	0.07847179	11.64	0.0368
Error	3	0.00673912		
Total	7			

C.V. (%) = 1.67

Anexo 44: Comparación de medias (Tukey P= 0.05) para número de esporangios por cm² entre los tratamientos: Amarilla Tumbay testigo absoluto (T10) del Ensayo 2 y Amarilis testigo absoluto (T9) del Ensayo 3. Tercio inferior. Mayobamba, Huánuco 2001.

Tratamientos	Nº de esporangios por cm ² (1)
T9 (Amarilis testigo absoluto-E3)	4.95200 a (2)
T10 (A. Tumbay testigo absoluto-E2)	4.89275 a

(1) Datos transformados a log₁₀

(2) Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la Prueba de Tukey (P= 0.05)

Anexo 45: Costo parcial por tratamiento en la validación de estrategias para la integración de resistencia y control químico de la ranca de la papa. Ensayo 1, Huánuco 2001.

Trat.	Fungicida Adherente	Cant. fungicida (lt o Kg)	Costo fung. por lt o Kg. (S/.)	Costo total fungicida (S/.)	Total Costo Parcial(CP) (S/./ha)	Total CP (S/ha)
T1	Fitoraz	7.808	68.00	530.944	2838.674	957.732
	Bravo-500	28.567	70.00	1999.690	+513.390*	
	Break Thru	2.567	120.00	308.040	Σ3352.064**	
T2	Fitoraz	7.808	68.00	530.944	2838.674	957.732
	Bravo-500	28.567	70.00	1999.690	+513.390	
	Break Thru	2.567	120.00	308.040	Σ3352.064	
T3	Fitoraz	8.556	68.00	581.808	1791.378	611.736
	Bravo-500	14.283	70.00	999.810	+349.700	
	Break Thru	1.748	120.00	209.76	Σ2141.078	
T4	Fitoraz	7.808	68.00	530.944	2838.674	957.732
	Bravo-500	28.567	70.00	1999.690	+513.390	
	Break Thru	2.567	120.00	308.040	Σ3352.064	
T5	-	-	-	-	-	-
T6	-	-	-	-	-	-
T7	-	-	-	-	-	-
T8	Fitoraz	7.812	68.00	531.216	3484.776	1172.094
	Bravo-500	36.900	70.00	2583.000	+617.555	
	Break Thru	3.088	120.00	370.560	Σ4102.331	
T9	Fitoraz	7.812	68.00	531.216	3484.776	1172.094
	Bravo-500	36.900	70.00	2583.000	+617.555	
	Break Thru	3.088	120.00	370.560	Σ4102.331	
T10	Fitoraz	7.808	68.00	530.944	1547.224	529.223
	Bravo-500	11.904	70.00	833.280	+305.057	
	Break Thru	1.525	120.00	183.000	Σ1852.281	
T11	Fitoraz	2.232	68.00	151.776	731.996	247.407
	Bravo-500	7.142	70.00	499.940	+133.927	
	Break Thru	0.669	120.00	80.280	Σ865.923	
T12	Fitoraz	2.232	68.00	151.776	731.996	247.407
	Bravo-500	7.142	70.00	499.940	+133.927	
	Break Thru	0.669	120.00	80.280	Σ865.923	

* Costo de aplicación

** Incluye costo de fungicidas, adherente y costo de aplicación.

Anexo 46: Beneficio Bruto por tratamiento en la validación de estrategias para la integración de resistencia y control químico de la ranca de la papa considerando el rendimiento total. Ensayo1, Huánuco 2001.

Trat.	Rend. Total (t/ha)	Rend. (-10%) * (t/ha)	Beneficio Bruto (S./ha)	Beneficio Bruto (S/ha)
1	34.4	30.96	12384.0	3538.286
2	34.1	30.69	12276.0	3507.429
3	32.9	29.61	11844.0	3384.000
4	46.6	41.94	16776.0	4793.143
5	2.2	1.98	792.0	226.286
6	16.3	14.67	5868.0	1676.571
7	6.5	5.85	2340.0	668.571
8	21.3	19.17	9585.0	2738.571
9	33.6	30.24	12096.0	3456.000
10	27.2	24.48	9792.0	2797.714
11	5.0	4.5	2250.0	642.857
12	10.5	9.45	3780.0	1080.000

* Se considera un 10% de pérdida de la cosecha

Precio de papa blanca S/. 0.40 Kg y papa amarilla S/.0.50 Kg en chacra.

Tipo de cambio S/3.5 por \$ US

Anexo 47: Costo Parcial por tratamiento en Programas calendario y estrategia de control químico de la racha de la papa en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay. Ensayo 2, Huánuco 2001.

Trat.	Fungicida Adherente	Cant. fung. (lt o Kg/ha)	Costo fung. por lt o Kg (S/.)	Costo total fung. (S/.)	Total Costo Parcial (CP) (S/./ha)	Total CP (\$/ha)
T1	Fitoraz Break Thru	32.987 3.299	68.00 120.00	2243.12 395.88	2639.00 +659.740* Σ3298.74 **	942.50
T2	Fitoraz Break Thru	17.361 1.736	68.00 120.00	1180.55 208.32	1388.87 +347.230 Σ1736.1	496.03
T3	Bravo-500 Break Thru	52.779 3.299	70.00 120.00	3694.53 395.88	4090.41 +659.74 Σ4750.15	1357.18
T4	Bravo-500 Break Thru	27.778 1.736	70.00 120.00	1944.46 208.32	2152.78 +347.23 Σ2500.01	714.29
T5	Ridomil Gold Break Thru	32.987 3.299	85.00 120.00	2803.89 395.88	3199.77 +659.74 Σ3859.51	1102.72
T6	Ridomil Gold Break Thru	17.361 1.736	85.00 120.00	1475.68 208.32	1684.00 +347.23 Σ2031.23	580.35
T7	Fitoraz Bravo-500 Break Thru	7.813 29.630 2.633	68.00 70.00 120.00	531.28 2074.10 315.96	2921.34 +526.63 Σ3447.97	985.13
T8	Ridomil Gold Bravo-500 Break Thru	7.813 29.630 2.633	85.00 70.00 120.00	664.10 2074.10 315.96	3054.16 +526.63 Σ3580.79	1023.08
T9	Fitoraz Bravo-500 Break Thru	1.736 4.166 0.434	68.00 70.00 120.00	118.05 291.620 52.080	461.75 + 86.81 Σ548.56	156.73
T10	----	----	----	----	----	----

* Costo de aplicación

** Incluye costo de fungicidas, adherente y costo de aplicación.

Tipo de cambio S/.3.5 por \$ US

Anexo 48: Beneficio Bruto por tratamiento en Programas calendario y estrategia de control químico de la ranca de la papa en el cultivar susceptible Amarilla Tumbay, considerando el rendimiento total. Ensayo 2, Huánuco 2001.

Trat.	Rend. Total (t/ha)	Rend. (-10%) * (t/ha)	Beneficio Bruto (S./ha)	Beneficio Bruto (\$ /ha)
1	16.79	15.111	7555.5	2158.714
2	6.49	5.841	2920.5	834.428
3	20.79	18.711	9355.5	2673.0
4	10.19	9.171	4585.5	1310.143
5	16.85	15.165	7582.5	2166.428
6	7.02	6.318	3159.0	902.571
7	14.51	13.059	6529.5	1865.571
8	16.02	14.41	7209.0	2059.714
9	7.34	6.606	3303.0	943.714
10	---	---	---	---

* Se considera un 10 % de pérdida de la cosecha
 Precio de papa amarilla S/.0.50 Kg en chacra.
 Tipo de cambio S/. 3.5 por \$ US.

Anexo 49: Costo Parcial por tratamiento en Programas calendario y estrategia para la integración de resistencia y control químico de la ranca en el cultivar Amarilis. Ensayo 3, Huánuco 2001.

Trat.	Fungicida Adherente	Cant. Fungicida lt o Kg	Costo fungicida lt o Kg. (S/.)	Costo total fungicida (S/.)	Total Costo Parcial (CP) (S./ ha)	Total CP (\$/ha)
T1	Fitoraz Break Thru	30.961 3.096	68.00 120.00	2105.348 371.52	2476.868 +619.24* Σ3096.108**	884.602
T2	Fitoraz Break Thru	15.914 1.591	68.00 120.00	1085.152 190.92	1273.072 +318.3 Σ1591.372	454.678
T3	Bravo-500 Break Thru	49.536 3.096	70.00 120.00	3467.52 371.52	3839.04 +619.24 Σ4458.28	1273.794
T4	Bravo-500 Break Thru	25.462 1.591	70.00 120.00	1782.34 190.92	1973.26 +318.3 Σ2291.56	654.731
T5	Ridomil Gold Break Thru	30.961 3.096	85.00 120.00	2631.685 371.52	3003.205 +619.24 Σ3622.445	1034.984
T6	Ridomil Gold Break Thru	15.914 1.591	85.00 120.00	1352.69 190.92	1543.61 +318.3 Σ1861.91	531.974
T7	Fitoraz Bravo-500 Break Thru	7.523 24.074 2.257	68.00 70.00 120.00	511.564 1685.18 270.84	2467.584 +451.410 Σ2918.994	833.998
T8	Ridomil Gold Bravo-500 Break Thru	7.523 24.074 2.257	85.00 70.00 120.00	639.455 1685.18 270.84	2595.475 +451.41 Σ3046.885	870.538
T9	Testigo absoluto	---	---	---	---	---

* Costo de aplicación

** Incluye costo de fungicidas adherente y costo de aplicación.

Tipo de cambio S/. 3.5 por \$ US

Anexo 50: Beneficio Bruto por tratamiento en Programas calendario y estrategia para la integración de resistencia y control químico de la ranca en el cultivar Amarilis, considerando el rendimiento total. Ensayo 3, Huánuco 2001.

Trat.	Rend. Total (t/ha)	Rend. (-10%) * (t/ha)	Beneficio Bruto (S/.)	Beneficio Bruto (\$ US)
1	24.07	21.663	8665.2	2475.771
2	15.73	14.157	5662.8	1617.943
3	19.34	17.406	6962.4	1989.257
4	16.13	14.517	5806.8	1659.086
5	24.63	22.167	8866.8	2533.371
6	16.32	14.688	5875.2	1678.628
7	22.52	20.268	8107.2	2316.343
8	20.60	18.54	7416.0	2118.857
9	0.0	0.0	0.0	0.0

* Se consideró un 10 % de pérdida de la cosecha.

Precio de papa blanca en chacra S/. 0.4 Kg.

Tipo de cambio S/. 3.5 por \$ US