

CLONES AVANZADOS DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) PARA RENDIMIENTO Y RESISTENCIA A RANCHA (*Phytophthora infestans*) (Mont.) DE Bary²⁵

Raúl Inga Peña¹, Roberto I. Beltrán Palomares², Fisher Huaraca Meza²
Facultad de Ingeniería y Ciencias Humanas de la Universidad Nacional del Centro del Perú

RESUMEN

La rancha es el factor limitante más importante en la producción de papa. A nivel mundial ésta enfermedad ha alcanzado proporciones epidémicas en muchas áreas y siendo el control químico una medida preventiva y no una cura, es necesario incluir variedades con resistencia a la rancha dentro de un plan de manejo integrado de la enfermedad. Los objetivos principales fueron determinar los grados de resistencia y determinar los clones que representan buen rendimiento. Se utilizó como material experimental, clones avanzados de la población A, los clones fueron evaluados para resistencia al tizón tardío bajo condiciones de alta incidencia de la enfermedad en campo. El diseño experimental utilizado es de BCR con 4 repeticiones y 30 tratamientos. Durante el periodo vegetativo se efectuaron 6 lecturas del porcentaje de infección a partir de los 45 días con intervalos de 7 días para determinar el ABCPE como parámetro de resistencia. En cuanto al tubérculo se evaluó rendimiento: (kg/planta). Los resultados obtenidos mostraron que todos los clones se vieron afectados en diferentes grados de resistencia y rendimiento siendo seleccionados los clones por el alto nivel de resistencia horizontal a *Phytophthora infestans* 381403.29, 387093.5, 391133.2, 387096.2 y 39247.19 y altos rendimientos de 37,5, 41,5, 27,4, 38,6 y 42,1 t/ha respectivamente, además, presentaron excelentes características de planta y tubérculo.

Palabras clave: *Phytophthora infestans*, *Solanum tuberosum* L, clones

ADVANCED POTATO CLONES (*Solanum tuberosum* L.) FOR YIELD AND RESISTANCE TO RANCHA (*Phytophthora infestans*) (Mont.) de Bary.

ABSTRACT

Late blight is the most important limiting factor in potato production worldwide this disease has reached epidemic proportions in many areas and chemical control being a preventive measure and not a cure, it is necessary to include varieties with resistance to late blight in an integrated management plan of the disease. The main objectives were to determine the degree of resistance and to identify clones that represent good performance. It was used as experimental material, advanced clones from population A, the clones were tested for resistance to late blight under high disease incidence in the field. The experimental design is of BCR with 4 replications and 30 treatments during the growing season 6 readings were made of the percentage of infection after 45 days with intervals of 7 days to determine the AUDPC as a measure of strength, As the tuber performance were evaluated: (kg / plant). The results showed that all clones were affected in different degrees of resistance and yield clones being selected for the high level of horizontal resistance to *Phytophthora infestans* 381403.29, 387093.5, 391133.2, 387096.2 and 39247.19 and high yields of 37.5, 41.5, 27.4, 38.6 and 42.1 t / ha respectively, also showed excellent characteristics of plant and tuber.

Key words: *Phytophthora infestans*, *Solanum tuberosum* L, clones

¹ ringa7@hotmail.com

² rbeltran_71@hotmail.com

³ fhmbio@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

En el Perú la papa *Solanum tuberosum* L. constituye una fuente de alimentación y, en muchas regiones del mundo, es un cultivo de gran importancia económica, es el tubérculo más importante que ocupa el cuarto lugar en el mundo entre los principales cultivos alimenticios, siendo superado por las gramíneas como el trigo, arroz y maíz. La producción con frecuencia es limitada por la reducción de áreas de cultivo y almacenaje. Dentro de estos problemas se encuentran como principales las enfermedades, que ocasionan grandes pérdidas económicas. Muchas enfermedades fungosas atacan el cultivo de la papa. Dentro de estas, la racha o el tizón tardío, causada por el hongo *Phytophthora infestans* es una de las enfermedades más destructivas por causar pérdidas de hasta 30% en la producción así como también se utiliza un 20% del costo de producción en el control químico del tizón.

Frente a este problema que merma el rendimiento, se ha estado combatiendo con diversos métodos de control, entre los cuales se ha destacado el control genético, la resistencia en papa es de dos tipos: específica, también llamada vertical u oligogénica; y general, también llamada horizontal, de campo o poligénica.

Las investigaciones en el mejoramiento de poblaciones de papa para el control de *Phytophthora infestans*, están orientadas al logro de una resistencia general es por eso que se constituye una de las mejores alternativas de manejo del hongo por su variabilidad.

Se evaluó 26 clones avanzados con cuatro variedades como testigos, el material genético avanzado es proveniente de la población A. Esta fue desarrollada fundamentalmente a partir de germoplasma de *Solanum tuberosum*, la cual incluye resistencia derivada de *Solanum demissum*. La característica particular, es que contienen genes dominantes (genes R) para resistencia vertical además de la resistencia horizontal y el ensayo en campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron la resistencia en campo de clones de papa (*Solanum tuberosum*) a racha (*Phytophthora infestans*) y el rendimiento.

Los 26 clones y los cuatro testigos fueron arreglados y sembrados en experimento en campo bajo el diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones en los terrenos del Distrito de Ulcumayo, Provincia de Junín en la campaña agrícola 2008.

Las parcelas experimentales consistieron en surcos de 3 metros de longitud cada una de 10 plantas por unidad experimental. Se utilizó la fórmula de abonamiento de 160-160-140 Kg/ha a base de fertilizantes minerales de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente. Las evaluaciones se hicieron en un número de 6 evaluaciones del porcentaje de infección del follaje, estas se hicieron cada 7 días, iniciando a los 45 días después de la siembra, observando síntomas de infección. Comúnmente se hizo un estimado visual de la intensidad del ataque del tizón tardío, basándose en la proporción (porcentaje) del área foliar afectada. El CIP ha desarrollado una escala en porcentaje en la cual los valores de 0% (sin síntomas) hasta 100% (plantas muertas).

La cosecha se realizó de manera manual planta por planta a los 120 días después de la plantación. Los datos registrados de los tubérculos (clones) cosechadas fueron los siguientes:

- Porcentaje de infección.
- Número de tubérculos.
- Peso de tubérculos (peso por planta, peso por parcela y peso por Ha).
- Vigor de planta.
- Floración de planta
- Altura de planta.

Los datos evaluados fueron analizados mediante análisis de variancia para el diseño de bloques completamente randomizados (BCR) y prueba de medias (Waller-Duncan).

Los datos de las seis evaluaciones del porcentaje de daño del tizón tardío se obtuvieron calculando el área bajo la

$$ABCPE = \sum_{i=1}^n \frac{(X_{t+1} + X_i)(T_{t+1} - T_i)}{2}$$

curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), fue calculado con los porcentajes promedios del área foliar afectada vs el tiempo en relación porcentual del área máxima posible (área foliar 100% afectada) es usualmente calculado por la siguiente fórmula, propuesta por Fry, (1978).

Dónde:

X_i = Proporción de tejido afectado en la observación.

$T_{t+1}-T_i$ = Tiempo en días entre dos lecturas.

n = Número total de observaciones.

El porcentaje de infección, peso y número de tubérculos (clones) por planta, parcela y Ha, así como el producto de la cosecha del experimento fueron diferentes.

RESULTADOS

Los resultados de la evaluación de la resistencia de campo de los clones de papa (*Solanum tuberosum*) a la racha (*Phytophthora infestans*) y el rendimiento de tubérculos

tanto de los clones de papa como de las variedades testigo se resume en la Tabla 01.

Tabla 01.- Resultados de los clones de papa para resistencia a racha (*Phytophthora infestans*) del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad.

| Clones | Abcpe | Significación | Clones | Abcpe | Significación |
|-----------|--------|---------------|---------------|---------|---------------|
| 381403.29 | 232,25 | a | 381381.9 | 892,75 | efg |
| 387093.5 | 254 | a | AMARILIS-INIA | 905,75 | efgh |
| 391133.2 | 258,5 | ab | 391696.96 | 958,5 | fgh |
| 387096.2 | 284,75 | ab | KORY-INIA | 1076,5 | ghi |
| 392047.19 | 297,75 | ab | 377744.2 | 1142,25 | hij |
| 387146.33 | 367,75 | abc | 381407.7 | 1251,5 | ijk |
| 386039.17 | 372 | abc | 387212.41 | 1264,5 | ijk |
| 385524.9 | 376,25 | abc | 387494.27 | 1317,25 | jk |
| 391137.7 | 411,5 | bc | 392661.1 | 1352 | jkl |
| 384298.56 | 494,5 | cd | 377369.7 | 1374,25 | klm |
| 381381.13 | 543 | cd | 382150.16 | 1452,75 | klmn |
| 85LB51.4 | 569,25 | cd | 389972.57 | 1457,25 | klmn |
| 380011.12 | 704,5 | de | 391683.29 | 1579,75 | mno |
| 387091.37 | 717,5 | de | YUNGAY | 2192,25 | p |
| 391674.95 | 814 | ef | CANCHAN-INIA | 2590,25 | q |

Los promedios que tienen letras en común no difieren entre sí.

En la Tabla 01. En la prueba de significación de Waller-Duncan para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), se observa que los resultados difieren significativamente por los diferentes niveles de resistencia horizontal a *Phytophthora infestans* con los clones en estudio. Se determinó que los clones 381403.29, 387093.5, 391133.2, 392047.19, 387146.33, 386039.17, 385524.9, 391137.7 y 384298.56, son los clones que alcanzan menores valores de ABCPE en un rango de 232,3 a 494,5.

También se determinaron los clones con niveles de resistencia horizontal moderado, los clones 381381.13, 85LB51.4, 380011.12, 387091.37. 391674.95 y 381381.9 con valores intermedios de ABCPE en un rango de 543,0 a 892,8 con respecto al cultivar testigo Amarilis-INIA y una gran mayoría se ubicaron sobre valores del cultivar testigo Kory-INIA. También resultaron clones con niveles de resistencia de bajo a muy bajo con valores de ABCPE en un rango de 1142,3 a 1579,75 con respecto a los cultivares testigos Canchan-INIA y Yungay.

Esto se debió a los genes de resistencia (factores o componentes de resistencia) que presenta el hospedaste hacia la enfermedad (*Phytophthora infestans*). La resistencia comprende diferentes componentes, los cuales tienen efecto en la vida del patógeno: La eficiencia de infección y la tasa de crecimiento de la lesión, son los componentes de mayor nivel de resistencia mientras que los otros componentes son de menor efecto (Van Oijen, 1992; citado por Raymundo 1998).

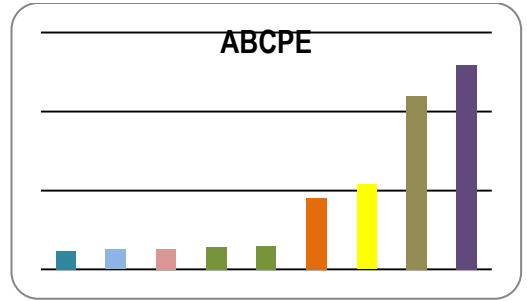


Gráfico 01.- Distribución de ABCPE de los cinco clones sobresalientes con niveles altos de resistencia horizontal a *Phytophthora infestans* con relación a los testigos.

En el Gráfico 01, se observa la distribución del ABCPE de los cinco clones sobresalientes, los que se diferencian marcadamente por presentar menores valores de ABCPE comparado con los cultivares usados como testigos. Estos clones presentaron altos niveles de resistencia horizontal a *Phytophthora infestans* con valores menores de ABCPE, se puede determinar que el valor más bajo lo alcanza el clon 381403.29 con 232,3, seguido por 387093.5 con 254,0, 391133.2 con 258,5, 387096.2 con 284,8 y finalmente el 392047.19 con 297,8 de ABCPE.

Los cinco clones representativos con valores más bajos que los testigos Amarilis-INIA y Kory-INIA de moderada resistencia horizontal al tizón tardío con valores de ABCPE de 905,75 y 1076,5 respectivamente.

Tabla 02.- Resultados del rendimiento de los clones de papa para resistencia a racha (*Phytophthora infestans*).

| O.M | CLON | Peso/Ha(**) | |
|-----|-----------|-------------|---------|
| 1 | 387146.33 | 48,497 | a (***) |
| 2 | 384298.56 | 45,736 | ab |
| 3 | 391137.7 | 45,682 | ab |
| 4 | 392661.1 | 42,62 | abc |
| 5 | 85LB51.4 | 42,493 | abc |
| 6 | 387091.37 | 42,222 | abc |
| 7 | 392047.19 | 42,066 | abc |
| 8 | 380011.12 | 41,564 | abc |
| 9 | 387093.5 | 41,463 | abc |
| 10 | 385524.9 | 40,833 | abc |
| 11 | 391674.95 | 39,236 | abcd |
| 12 | 381381.13 | 38,865 | abcd |
| 13 | 387096.2 | 38,59 | abcd |
| 14 | 381403.29 | 37,469 | bcd |
| 15 | 386039.17 | 33,861 | cdef |
| 16 | 381381.9 | 33,296 | cdef |
| 17 | 377744.2 | 32,695 | cdef |
| 18 | 387494.27 | 32,144 | cdefg |
| 19 | 391696.96 | 29,636 | defgh |

| | | | |
|----|-----------|--------|--------|
| 20 | 391133.2 | 27,402 | efghi |
| 21 | 381407.7 | 26,553 | fghi |
| 22 | 391683.29 | 24,951 | fghij |
| 23 | AMARILIS | 24,41 | fghijk |
| 24 | KORY | 21,448 | ghijk |
| 25 | 387212.41 | 21,289 | hijk |
| 26 | 377369.7 | 18,764 | ijk |
| 27 | 389972.57 | 15,439 | ijklm |
| 28 | 382150.16 | 15,225 | ijklm |
| 29 | YUNGAY | 6,62 | mn |
| 30 | CANCHAN | 1,979 | n |

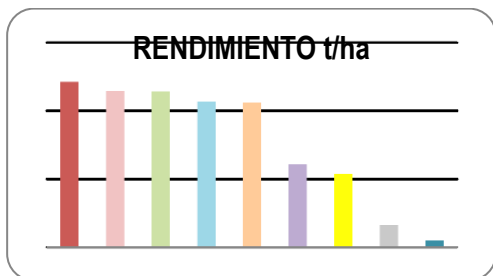
En la Tabla 02. Se puede mostrar la prueba de significación de Waller-Duncan. Para las variables de rendimiento se observa que los clones con mayores rendimientos son: el 387146.33 seguido del 384298.56, 391137.7, 392661.1, 85LB51.4, 387091.37, y finalmente el 392047.19 con rendimientos de 48,5, 45,7, 45,7, 42,6, 42,5, 42,2 y 42,1 t/ha respectivamente. Estos clones superaron numéricamente a los testigos Amarilis-INIA, Kory-INIA, Yungay y Canchan-INIA con rendimientos bajos de 24,4, 21,5, 6,6 y 2 t/ha respectivamente.

Esto se debió a que los clones en estudio han sido influenciados por los grados de infección por el hongo *Phytophthora infestans* y las condiciones meteorológicas que favorecieron el desarrollo de la enfermedad.

Adicionalmente, las pérdidas que causa el tizón tardío son el detrimento de la capacidad fotosintética por reducción del follaje, que a su vez ocasiona mermas en el estolonomamiento por ende en la producción (1).

Estos resultados corroboran con lo mencionado por Moreno, 1985 citado por (60), en el cual el crecimiento y la productividad son el resultado de la interacción de dos principales determinantes: de la dotación genética de la planta (genotipo) y del medio ambiente (fenotipo).

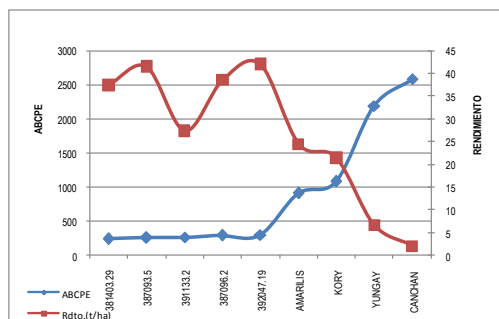
Gráfico 02.- Distribución del rendimiento (t/ha) de los clones sobresalientes con relación a los testigos.



En el Gráfico 02, se observan los clones sobresalientes con mayores rendimientos t/ ha. El clon con mayores rendimientos fue el 387146.33 con 48,5 t/ha, seguido de clones con rendimientos de 45,7 a 42,5 t/ha.

Se aduce que los rendimientos de los clones resistentes a *Phytophthora infestans* están influenciados por el sistema poligénico de resistencia al tizón, los cuales hacen que los clones resistentes convivan con el patógeno y de esta manera no afectan considerablemente los rendimientos, esto indica que la resistencia y el rendimiento operan con sistemas de genes diferentes y estos sistemas están influenciados a su vez por el periodo de tuberización de cada clon.

Gráfico 03.- Rendimiento y ABCPE de los clones representativos con relación a los testigos.



Del mismo modo, se puede observar los resultados en la (gráfico 03), pero difiere con el cultivar testigo Kory-INIA de moderada resistencia horizontal con un valor de ABCPE de 1076,50 y un rendimiento de 21,5 t/ha lo cual indica que generalmente no se cumple que a un bajo ABCPE un alto rendimiento o debido a otros factores del cultivar testigo Kory-INIA por ser de periodo vegetativo tardío.

Cabe mencionar que los cultivares de periodo vegetativo tardío están expuestos más tiempo a la enfermedad. Por tal motivo se obtiene menor rendimiento. Lo ideal son los cultivos precoces que no estén expuestos mayor tiempo a la enfermedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIOS, GEORGE. Fitopatología, Noriega editores, 2da edición. 755 pp. 1988.
- BAYLON, Y. y OTAZU, V. Aspectos económicos del control de la ranca (*Phytophthora infestans*) de la papa en los Andes Centrales del Perú. Fitopatología 27(1):33-37 pp. 1992.

- DICKINSON, C y LUCAS, J. Patología vegetal y patógenos de plantas. México, Limusa, 270 pp. 1987.
- FERNANDEZ VALIELA, M. V. Introducción a la Fitopatología. 3ra edición. Buenos Aires - Argentina. 473 pp. 1978.
- FRENCH, E. Métodos de Investigación fitopatológica. San José – Costa Rica. 1982.
- FRY, W.E. Quantification of general resistance of potato cultivar and fungicide effects for integrated control of potato late blight. Phytopatology. Department of Plant Pathology. Cornell University, Ithaca, New York .1650-1655 pp. 1978.
- HENFLING, J. W. El tizón tardío de la papa *Phytophthora infestans*. 2da-Edición. Revisada Centro Internacional de la Papa Lima –Perú. 25 pp. 1987.
- HOOKER, W. J. Compendio de enfermedades de la papa. Traducción del inglés por Icochea T. A. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 1-42,160 pp1980.
- LANDEO, J. y GASTELO, M. Mejoramiento para resistencia Horizontal al tizón tardío de la papa en el CIP. I Foro electrónico sobre plagas y enfermedades de la papa en América Latina. Lima, Perú. 7 pp. 1998.
- MONT KOC. R. Principios del control de enfermedades de las plantas. Primera edición. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 275 pp. 1993.