

# Evaluación de la reacción de nueve genotipos de papa (*Solanum tuberosum* subsp. *andigena*) al ataque de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary

Evaluation of the reaction of nine potato (*Solanum tuberosum* subsp. *andigena*) genotypes to the attack of *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary

Carlos Betancourth G.<sup>1</sup>, Elizabeth Portilla B.<sup>2</sup> y Hugo Salas P.<sup>2</sup>

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el municipio de Pasto, departamento de Nariño, Colombia, a 2.710 msnm. El objetivo fue evaluar la reacción de los clones de papa Blanca, Pintada, Rosada tipo Capiro, Roja Guata, Roja Redonda y Roja Loca y tres variedades mejoradas: Parda Suprema, Roja Nariño y Betina, al ataque de la gota (*Phytophthora infestans*). Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y nueve tratamientos. Para la variable severidad los mejores genotipos fueron Blanca, Pintada, Parda Suprema y Betina con un promedio de 19,72; 21,99; 23,15 y 23,62%, respectivamente. El mejor rendimiento fue obtenido por los genotipos Blanca, Pintada, Parda Suprema, Betina y Roja Loca con 29,61; 24,66; 25,71; 27,12 y 28,05 t·ha<sup>-1</sup>, en su orden.

**Palabras clave:** severidad, clon, Nariño, rendimiento.

## ABSTRACT

The present work was done in the municipality of Pasto, Nariño department, Colombia, at 2,710 m a.s.l. The objective was to evaluate the reaction of the potato clones Blanca, Pintada, Rosada Capiro, Roja Guata, Roja Redonda and Roja Loca and three improved varieties: Parda Suprema, Roja Nariño and Betina to the late blight (*Phytophthora infestans*) attack. A random block design with four repetitions and nine treatments was used. Regarding the severity variable the best genotypes were: Blanca, Pintada, Parda Suprema and Betina with means of 19.72, 21.99, 23.15 and 23.62% respectively. The genotypes Blanca, Pintada, Parda Suprema, Betina and Roja Loca recorded the best yield with 29.61, 24.66, 25.71, 27.12 and 28.05 t·ha<sup>-1</sup> respectively.

**Key words:** severity, clone, Nariño, yield.

## Introducción

El cultivo de la papa se destaca a nivel nacional como una de las actividades agropecuarias más importantes ya que en torno a su explotación se genera el desarrollo de muchos sectores. En forma directa la papa es un producto de consumo masivo, principalmente en la dieta de los estratos de menor ingreso. Indirectamente es un gran promotor de otros sectores de economía como el transporte, la industria, distribuidores de agroquímicos, producción de empaques, entre otros (Fedepapa, 2002).

Nariño se destaca como una de las zonas productoras de papa a nivel nacional. En este departamento las variedades más cultivadas son Roja, Parda y Capiro. De acuerdo con el censo papero 2005-2006 se reportan 25.631 ha anuales, con un rendimiento de 17.342 kg·ha<sup>-1</sup> (Minagricultura, 2006).

La "gota" o tizón tardío es la enfermedad más limitante o de mayor importancia económica en la producción de este cultivo, causada por el fitopatógeno *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary que se presenta en casi todas las regiones paperas, especialmente en zonas de clima húmedo y frío, y puede destruir totalmente el cultivo en poco tiempo, razón por la cual se considera el problema más serio para su producción a nivel mundial (Agris, 2004).

La mayoría de las variedades de papa sembradas en Colombia son altamente susceptibles a este patógeno, y la protección de las cosechas se basa en el uso de fungicidas. Si la enfermedad no es controlada a tiempo puede ocasionar pérdidas hasta del 100%. En Colombia la Universidad Nacional, sede Bogotá, lanzó variedades resistentes a la enfermedad, como Parda Suprema, Roja Nariño y Betina, las cuales con el paso del tiempo han ido perdiendo su resis-

Fecha de recepción: 20 de febrero de 2008. Aceptado para publicación: 5 de noviembre de 2008

<sup>1</sup> Docente, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto (Colombia). cbet70@yahoo.com

<sup>2</sup> Ingenieros agrónomos, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto (Colombia). elizabethportilla@yahoo.com; hasp888@hotmail.com

tencia y llega a utilizarse el mismo número de aplicaciones de fungicidas que en las variedades susceptibles para el control de la enfermedad.

Con estos antecedentes se planteó la siguiente investigación con el fin de evaluar la reacción de seis selecciones clonales de papa guata (*Solanum tuberosum* subsp. *andigena*) y tres variedades mejoradas, en cuanto a componentes de rendimiento y reacción a gota (*P. infestans*), buscando encontrar fuentes de tolerancia a la enfermedad.

## Materiales y métodos

Este ensayo se realizó en el corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto, ubicado a una altura de 2.710 msnm, con temperatura promedio de 13 °C y precipitación anual de 750 mm.

Se evaluaron seis selecciones clonales de papa guata (*Solanum tuberosum* subsp. *andigena*): Blanca, Pintada, Guata Roja, Roja Redonda, Rosada tipo Capiro y Roja Loca, y las variedades mejoradas Roja Nariño, Parda Suprema y Betina.

Se utilizó el diseño de bloques al azar con nueve tratamientos y cuatro repeticiones. El ensayo se estableció en un lote con las siguientes dimensiones: 42 m de largo por 13,2 m de ancho. Cada repetición tuvo un surco de 10 m con una distancia entre sí de 1,20 m. Los bloques estuvieron separados entre sí a una distancia de 0,5 m. Además se estableció en todo el borde de los bloques un surco con semilla de papa susceptible a gota.

Para evaluar la severidad de gota (*P. infestans*) se tomaron cinco plantas al azar las cuales se marcaron, y en cada una

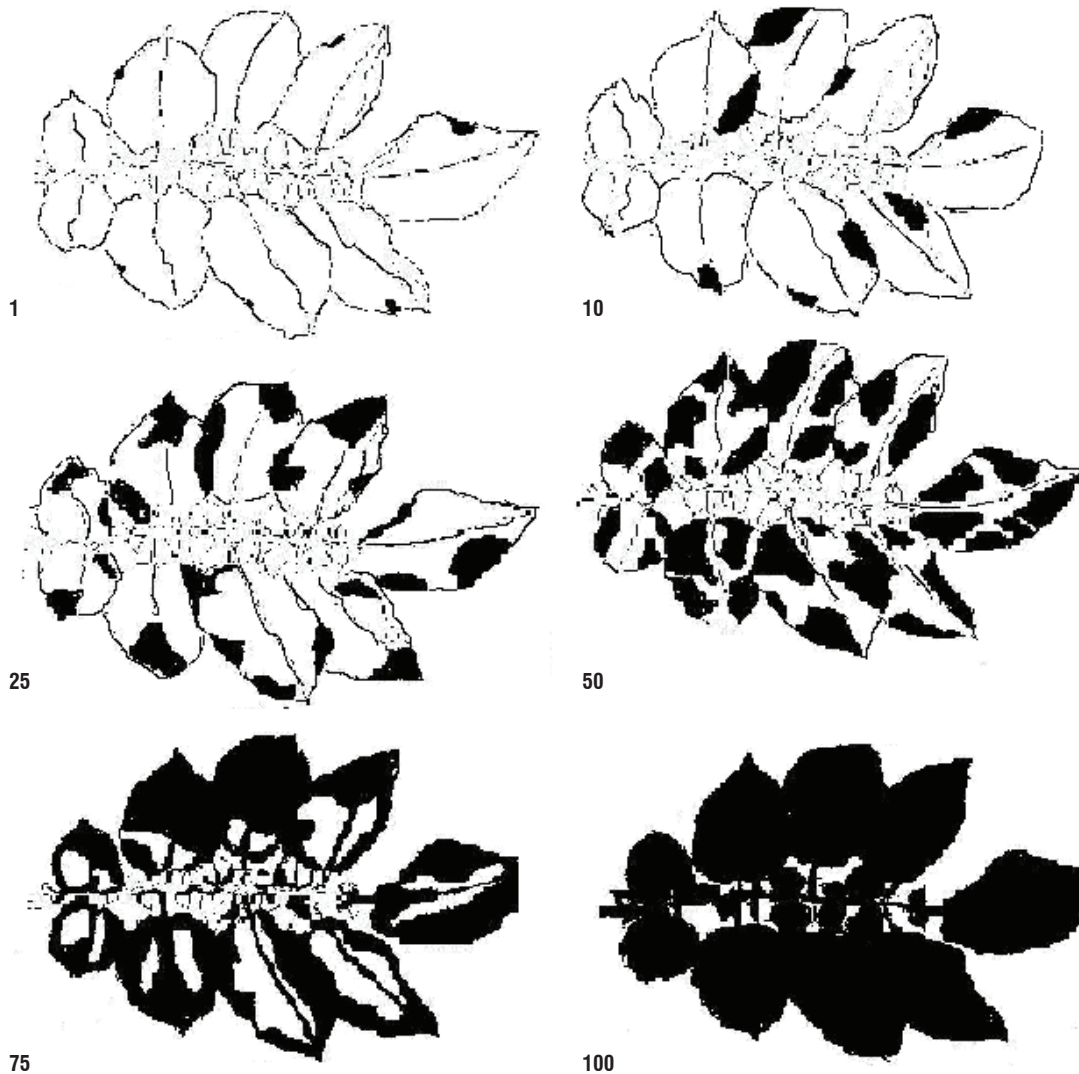


FIGURA 1. Escala modificada para evaluar severidad de gota en papa, propuesta modificada por Clive (1970), expresada en porcentaje.

se señaló la hoja a evaluar, tomándolas como referencia para posteriores evaluaciones de severidad. Para evaluar el grado de severidad se utilizó la escala gráfica propuesta por Clive (1970) (figura 1), dada en porcentaje: 1, 10, 25, 50, 75 y 100%. Se realizaron tres lecturas a partir de los 70 días después de la emergencia, con intervalos de 20 días entre lecturas.

El índice de área foliar (IAF) se determinó estableciendo la relación entre el área foliar de la planta y el espacio que esta ocupa en el campo. El espacio ocupado por la planta se obtuvo del producto entre la distancia de siembra y la distancia entre surcos, en este caso correspondió a 0,48 m<sup>2</sup> (Gómez *et al.*, 1999).

Con el fin de registrar el número de tubérculos por planta, se tomaron diez plantas al azar por cada parcela útil. Para registrar el rendimiento se tomaron diez plantas al azar por cada parcela útil; se registró el peso en kg·ha<sup>-1</sup>, posteriormente se promedió la producción, y se llevó a t·ha<sup>-1</sup>.

Las variables evaluadas se sometieron al análisis de varianza y la prueba de significancia de Tukey. Los datos en porcentaje se transformaron mediante la fórmula  $\arcsen\sqrt{\%}$ .

Los componentes de rendimiento se interpretaron mediante un análisis de regresión múltiple y un análisis de sendero para determinar cuál de los componentes o variables aportan más a la producción.

## Resultados y discusión

### Severidad de la gota (*Phytophthora infestans*)

Los genotipos Blanca, Pintada, Parda Suprema y Betina tuvieron el menor porcentaje de daño con promedios de 19,72; 23,15; 21,9 y 23,62%, respectivamente, en comparación con los genotipos Roja Redonda, Guata Roja y Rosada tipo Capiro, los cuales mostraron los promedios más altos en cuanto a severidad con 71,52; 71,28 y 71,18%, respectivamente (tabla 1). Las diferencias en la reacción de cada genotipo se debe a la capacidad de la planta para servir como hospedante y su reacción con el patógeno; esta respuesta depende de su constitución genética y las combinaciones previas de los factores ambientales que darán respuestas diferentes a las interacciones de células y tejidos de la planta en determinado momento (Niks y Lindhout, 2004).

Los porcentajes mas bajos de tejido afectado en los genotipos Pintada, Blanca, Parda Suprema, Betina y Roja Loca mostraron una mayor tolerancia a la enfermedad. El contacto del patógeno con el hospedante no se limita solo

en crecimiento y reproducción de *P. infestans* después de su establecimiento, sino la cantidad de infección que se reduce con la presencia de daños o síntomas por unidad de patógeno presente (Agrios, 2004; Niks y Lindhout, 2004, y Sañudo y Betancourth, 2005).

**TABLA 1.** Prueba de comparación de medias para severidad, índice de área foliar (IAF), número de tubérculos por planta y rendimiento obtenidos por los genotipos de papa evaluados en el corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto.

Genotipo	Severidad de gota (%)	IAF	Tubérculos por planta	Rendimiento (t·ha <sup>-1</sup> )
Blanca	19,72 c	11,30 h	17,25 a	29,61 a
Pintada	23,15 c	13,57 f	15,60 ab	24,66 abc
Guata Roja	71,28 a	15,40 e	11,39 b	15,47 d
Roja Redonda	71,52 a	11,30 h	15,13 ab	17,88 cd
Rosada Capiro	71,18 a	12,13 g	13,38 ab	19,55 bcd
Roja Loca	41,22 b	22,56 b	17,11 a	28,05 a
Roja Nariño	42,80 b	17,17 d	12,85 ab	19,21 bcd
Betina	22,00 c	23,36 a	17,42 a	25,71 abc
Parda Suprema	23,62 c	20,11 c	14,13 ab	27,12 ab

Promedios con letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Los genotipos Parda Suprema, Betina y Roja Nariño son materiales catalogados como resistentes a la enfermedad; sin embargo en este ensayo se encontró la pérdida de esa resistencia principalmente de Betina y Roja Nariño, esto se puede explicar probablemente por la variabilidad genética de las interacciones hospedante-patógeno, es decir por la presión de selección a la que está expuesto el patógeno, de donde surgen nuevos genes de virulencia llamadas "razas fisiológicas", capaces de vencer los genes de resistencia del hospedante. Dentro de las posibles explicaciones se tiene una mutación de pérdida en el locus de avirulencia por parte del patógeno (Vallejo y Estrada, 2002).

### Índice de área foliar

Los genotipos Parda Suprema, Roja Loca y Betina obtuvieron los IAF más altos (23,36; 22,56 y 20,11, respectivamente), a diferencia de Blanca y Roja Redonda que presentaron los IAF más bajos (11,30 y 9,86) (tabla 1). La variación de los resultados obtenidos para los distintos genotipos se debe a que presenta una arquitectura y un patrón de desarrollo específico concatenado a la influencia de las condiciones ambientales (Medina, 2001).

De esta forma en los genotipos Guata Roja, Rosada tipo Capiro y Roja Redonda el bajo IAF fue causa de la susceptibilidad a la enfermedad (tabla 1), pues el desarrollo del

patógeno ocupó gran parte del área foliar de los genotipos y disminuyó considerablemente el IAF; esto a su vez afectó directamente el rendimiento.

En los genotipos Pintada y Blanca, el IAF fue relativamente bajo (tabla 1); en este caso el resultado fue consecuencia de su baja área foliar, lo cual está determinado por la constitución genética y la interacción con el ambiente (Moreno, 2000).

**TABLA 2.** Correlación para las variables severidad, índice de área foliar, número de tubérculos por planta y rendimiento.

Variable	Índice de área foliar	Número de tubérculos	Severidad de gota
Rendimiento	0,56*	0,8*	-0,64*

\* Altamente significativo.

## Rendimiento

Los mejores rendimientos se presentaron en los genotipos Blanca, Roja Loca, Betina, Parda Suprema y Pintada, con promedios de 29,61; 28,05; 27,12; 25,71 y 24,66 t·ha<sup>-1</sup> respectivamente. Los rendimientos más bajos se encontraron en los genotipos Roja Redonda y Roja Guata con promedios de 17,88 y 15,47 t·ha<sup>-1</sup> (tabla 1). Los genotipos que presentaron el mejor rendimiento fueron menos afectados por la enfermedad; esto permite demostrar el alto grado de asociación entre las variables severidad y rendimiento (tabla 2).

De esta manera se puede afirmar que dichos genotipos tienen un mayor grado de tolerancia a la enfermedad; el hospedante que muestra tolerancia restringe las consecuencias dañinas de la infección por el parásito, mas no evita que este se desarrolle en la planta (Sañudo y Betancourth, 2005); además se relaciona con lo que plantea Elliott (1996),

“La tolerancia a la enfermedad es la capacidad de las plantas para producir una buena cosecha aun cuando sean infectadas por un patógeno. Además la tolerancia es el resultado de las características hereditarias específicas de la planta hospedante que permite que el patógeno se desarrolle y propague en ella, mientras que la planta sobrevive para dar una buena cosecha”.

## Número de tubérculos por planta

El comportamiento de los genotipos Blanca, Parda Suprema y Roja Loca para esta variable fue estadísticamente igual, con los promedios más altos (17,25; 17,42 y 17,11 tubérculos por planta, respectivamente) en comparación con el genotipo Guata Roja, el cual obtuvo el promedio más bajo: 11,39 (tabla 1). Los genotipos que mostraron menor porcentaje

de área foliar afectada por la enfermedad obtuvieron a su vez el número de tubérculos más alto, a diferencia de los genotipos susceptibles que obtuvieron un bajo número de tubérculos; en este caso podemos afirmar que entre estas dos variables ocurrió un grado de asociación (tabla 2), en que el número de tubérculos se vio directamente afectado por la severidad de la enfermedad.

La traslocación de los carbohidratos y azúcares hacia los órganos de reserva, como son los tubérculos, está directamente relacionada con el área fotosintética de la planta, la cual se ve afectada por la presencia de un patógeno (Redepapa, 2002). Este caso se puede observar en los genotipos más afectados por la enfermedad, donde el número de tubérculos fue menor (tabla 1).

Los genotipos susceptibles a la enfermedad no alcanzaron a desarrollar un buen número de tubérculos debido a la baja disponibilidad de hidratos de carbono y fotoasimilados necesarios para el engrosamiento y buen desarrollo del tubérculo; proceso que se ve afectado por el ataque de un patógeno sobre el área foliar de las plantas, lo que influye directamente en el proceso de la fotosíntesis, en este caso inhibe el movimiento de los nutrientes hacia las hojas, estas no funcionan de manera adecuada, la fotosíntesis disminuye o cesa y se reduce total o parcialmente la cantidad de nutrientes que deben desplazarse hasta los estolones. Además los tubérculos compiten por la materia seca disponible, que a su vez está influenciada por los cambios ambientales (Redepapa, 2002; Molina, 1997).

El análisis de regresión múltiple permite establecer el siguiente modelo:

$$\text{Rto: } 0,038 (\text{IAF}) + 1,62 (\text{N}^\circ \text{ tubérculos}) - 0,088 (\text{severidad})$$

Este modelo se ajusta en un  $r^2 = 0,976$ , lo cual demuestra que el 97,6% de la varianza total del rendimiento se puede explicar por el efecto del índice de área foliar, número de tubérculos y severidad.

La severidad tuvo un efecto negativo sobre el rendimiento, mientras que el índice de área foliar y el número de tubérculos por planta tuvieron un efecto positivo.

Según el análisis de sendero (figura 2), el efecto de la severidad de *P. infestans* sobre el rendimiento fue negativo, ya que el efecto total de la severidad sobre el rendimiento fue de -0,64, de esto -0,33 corresponde al efecto directo de la enfermedad. También esta variable afecta indirectamente al rendimiento a través de las variables índice de área foliar

y número de tubérculos por planta, para lo cual se tuvo un efecto indirecto de  $-0,3$ .

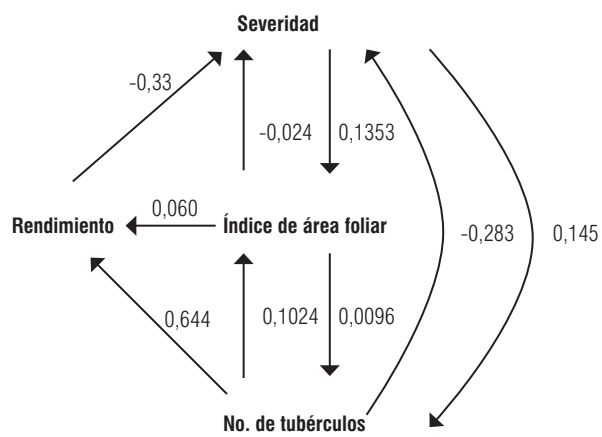
El efecto que tuvo la severidad de la enfermedad sobre el rendimiento del cultivo fue determinante; esto se pudo observar en el caso de los genotipos Roja Redonda, Rosada tipo Capiro y Roja Guata los cuales presentaron un alto porcentaje de severidad (tabla 1) y al mismo tiempo mostraron los rendimientos más bajos (tabla 1). El ataque de *P. infestans* está dirigido principalmente al follaje; destruye los tejidos de las hojas, disminuye la fotosíntesis debido a la reducción, e incluso la muerte, de la superficie fotosintética de la planta, y afecta la producción de sus frutos (Manners, 1993).

El efecto total del índice de área foliar sobre el rendimiento fue positivo con valor de  $0,3$ , de donde el  $-0,060$  correspondió al efecto directo del índice de área foliar; los efectos indirectos totales (relación entre severidad y número de tubérculos) fueron de  $0,237$  (figura 2).

Teniendo en cuenta los resultados para IAF (tabla 1), los genotipos Parda Suprema, Roja Loca y Betina presentaron los promedios más altos, a diferencia de Pintada y Blanca que obtuvieron un índice de área foliar relativamente bajo. Pero al comparar los rendimientos se puede apreciar que no hubo diferencias significativas entre estos genotipos, siendo a la vez los más altos. En este caso se estableció que no siempre un cultivo con un bajo índice de área foliar va a tener una baja producción. Esto se atribuye al potencial que tiene cada genotipo para crecer y desarrollarse, lo cual dependerá de la cantidad de energía solar que capten, la eficiencia fotosintética de sus hojas y la forma y rapidez del transporte de los asimilados (Cabezas y Novoa, 2000).

El efecto total del número de tubérculos por planta sobre el rendimiento fue de  $0,80$ , del cual  $0,64$  correspondió al efecto directo del número de tubérculos por planta; los efectos indirectos totales (relación entre severidad e índice de área foliar) fueron de  $0,15$  (figura 2).

El número de tubérculos por planta es una variable que influye notoriamente sobre el rendimiento, como se pudo apreciar casi en la totalidad de los genotipos (tabla 1). El rendimiento de los tubérculos en cultivo de papa está determinado por la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada por el follaje, por la eficiencia con la cual la radiación interceptada es convertida en materia seca y por la proporción de acumulación de materia seca trasladada a los tubérculos, todo lo cual incrementa la producción (Rodríguez y Corchuelo, 2004).



**Efectos totales de las variables sobre el rendimiento:**  
 • Severidad:  $-0,64$  • IAF:  $0,30$  • No. de tubérculos:  $0,80$

FIGURA 2. Diagrama análisis de sendero.

## Conclusiones

Los genotipos Pintada, Parda Suprema, Betina, Roja Loca y Blanca presentaron un mayor grado de tolerancia a la enfermedad.

Las variables severidad de gota, índice de área foliar y número de tubérculos por planta tuvieron un efecto importante en el rendimiento del cultivo.

El potencial productivo de un genotipo es una característica agronómica muy interesante que hace que la planta sea más eficiente en los procesos fotosintéticos.

La colección y evaluación de genotipos de papa es una alternativa para encontrar fuentes de tolerancia a la gota (*Phytophthora infestans*).

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a Benjamín Sañudo Sotelo y Hernando Criollo, docentes de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

## Literatura citada

- Agrios, G. 2004. Plant pathology. Quinta edición. Editorial Limusa, México D.C. 310 p.
- Redepapa-Corpoica. 2002. Boletín de papa. Mecanismos para incrementar el número de tubérculos. En: <http://www.redepapa.org.co/produccionred.html>; consulta: 15 de abril de 2007.
- Cabezas, M. y D. Novoa. 2000. Efectos de la remoción de hojas y frutos en la relación fuente-demanda en lulo (*Solanum qu-*

- toende). pp. 70-71. En: Memorias III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado. Manizales.
- Clive, J. 1970. A manual of disease assessment keys for plant diseases. Canadian Department of Agriculture. 50 p.
- Elliott, F. 1996. Mejoramiento de plantas citogenéticas. Continental, México. 450 p.
- Federación Colombiana de Productores de Papa. 2002. Vademécum del cultivo de la papa. Grafemas, Bogotá. 132 p.
- Gómez, C., C. Buitrago, M. Cante y B. Huertas. 1999. Ecofisiología de la papa (*Solanum tuberosum*) utilizada para consumo fresco y para la industria. Revista Comalfi 26, 42-55.
- Manners, J. 1993. Introducción a la fitopatología. Editorial Limusa, México D.F. 120 p.
- Medina, F., W. Chang, J. Bracho, M. Marín y D. Esparza. 1996. Efecto de la edad y el genotipo sobre el crecimiento del área foliar en el frijol *Vigna unguiculata* (L). Walp. Revista de la Facultad de Agronomía 13(1), 61-72.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2006. Consolidado agropecuario acuícola y pesquero. Editar, Pasto. pp. 114-116.
- Molina, L. 1997. Manejo de las enfermedades del follaje de la papa causadas por hongos. pp. 79-87. En: Memorias Manejo Sanitario del Cultivo de la Papa. Universidad de Nariño, Pasto.
- Moreno, J. 2000. Manejo integrado del cultivo de la papa. Corpoica, Tibaitatá, Mosquera. 185 p.
- Niks, R. y W. Lindhout. Curso sobre mejoramiento para la resistencia durable a patógenos especializados. Wageningen Agricultural University, Holanda. 150 p.
- Rodríguez, L., G. Corchuelo y C.E. Núñez. 2004. Densidad de población y su efecto sobre rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L. cv. Parda pastusa). Agron. Colomb. 22(1), 23-31.
- Sañudo, B. y C. Betancourth. 2005. Fundamentos de fitomejoramiento. Universidad de Nariño, Pasto. pp. 98-101.
- Vallejo, F.A. y E. I. Estrada. 2002. Mejoramiento genético de plantas. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 402 p.