

# Exploración preliminar del potencial de adopción de un paquete biotecnológico para el control de *T. solanivora* por parte de productores de papa de la región Cundiboyacense de Colombia

## Preliminary exploration of the potential for adoption of a biotechnology package for the control of *T. solanivora* by potato producers in the Cundiboyacense region of Colombia

Jessica Lorena Reyes Salazar\*, Lisney Alessandra Bastidas Parrado\*\*, Carmen Helena Cepeda Araque\*\*\*, Edna Yadira Rodríguez Abril\*\*\*\*, Alejandro Chaparro-Giraldo\*\*\*\*\*

DOI: 10.15446/rev.colomb.biote.v21n2.75805

### RESUMEN

La papa es afectada por el ataque de *Tecia solanivora* que causa pérdidas hasta del 80%. Variedades genéticamente modificadas y biocontroladores, pueden ser usados para su manejo. Este estudio pretendió determinar el potencial socioeconómico de pequeños productores de papa de la región Cundiboyacense para la adopción de estas estrategias biotecnológicas, mediante encuestas cara a cara y el uso de metodologías como presupuestos parciales y modelo de regresión logística. Los resultados revelan que el tipo de semilla define la adopción, existiendo un interés por tecnologías que permitan el control de la plaga, por lo cual estarían dispuestos a pagar hasta un 30% más del valor actual por esta. La metodología de presupuestos parciales evidenció un efecto económico positivo en los diferentes escenarios planteados. Se concluyó que los pequeños productores de papa de los municipios analizados cuentan con un alto potencial socioeconómico para la adopción del paquete biotecnológico.

**Palabras clave:** *Solanum tuberosum*, control biológico, cultivos transgénicos, polilla guatemalteca, costos de producción.

### ABSTRACT

The potato is affected by the attack of *Tecia solanivora* that causes losses of up to 80%. Genetically modified varieties and biocontrol agents, can be used for its control. This study aimed to determine the socioeconomic potential of small potato producers in the Cundiboyacense region for the adoption of these biotechnological strategies, through face-to-face surveys and the use of methodologies such as partial budgets and logistic regression model. The results reveal that the type of seed defines adoption, there being an interest in technologies that allow pest control, so they would be willing to pay up to 30% more of the current value for this. The methodology of partial budgets showed a positive economic effect in the different scenarios proposed. It was concluded that small potato producers in the municipalities analyzed have a high socioeconomic potential for the adoption of the biotechnology package.

**Key words:** *Solanum tuberosum*, biological control, transgenic crops, Guatemalan moth, production costs.

**Recibido:** enero 20 de 2019

**Aprobado:** octubre 18 de 2019

\* Universidad Pedagógica y Tecnología de Colombia, Sede Duitama, Grupo de Investigación GIGASS, cifad@uptc.edu.co.

\*\* Universidad Pedagógica y Tecnología de Colombia, Sede Duitama, Grupo de Investigación GIGASS, lisney.parrado@uptc.edu.co.

\*\*\* Universidad Pedagógica y Tecnología de Colombia, Sede Duitama, Grupo de Investigación Gie, carmen.cepeda@uptc.edu.co.

\*\*\*\* Grupo de Ingeniería Genética de Plantas, Departamento de Biología & Instituto de Genética, Universidad Nacional de Colombia. erodriguezab@unal.edu.co <https://orcid.org/0000-0002-8319-0377>.

\*\*\*\*\* Grupo de Ingeniería Genética de Plantas, Departamento de Biología & Instituto de Genética, Universidad Nacional de Colombia. chaparro@unal.edu.co <https://orcid.org/0000-0003-4999-8804>.

## INTRODUCCIÓN

La producción de papa (*Solanum tuberosum*) en Colombia se localiza principalmente en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Nariño, es un sistema de producción que vincula cerca de 90.000 familias en su explotación directa (FEDEPAPA, 2010). En 2015 superó 3'270.000 toneladas, aumentando en más de 300.000 toneladas para el 2016 y 100.000 ton más para el 2017, con un rendimiento promedio en 2015 de alrededor de 21 ton/ha hasta 22,7 ton/ha en 2017 (Agronet, 2019). Se considera un cultivo minifundista ya que el 95% de las unidades productivas tiene una superficie menor a 3 hectáreas (FEDEPAPA, 2010; Zepeda *et al.*, 2006).

La producción de papa en el país se ve afectada especialmente por el ataque de la plaga *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae), que en 1991 ocasionó pérdidas entre el 80% y 90% de la cosecha (Zepeda *et al.*, 2006). Herramientas biotecnológicas como variedades de papa genéticamente modificadas y control biológico, son propuestas para el manejo de esta plaga (Valderrama *et al.*, 2007, Schaub & Kroschel, 2018), sus beneficios potenciales no garantizan la adopción por parte de los agricultores, para ello, se requiere de transferencia de tecnología que permite llevar al campo los resultados de investigaciones. De esta manera se requiere estudio previo de las características socioeconómicas de los agricultores a quienes va dirigida la tecnología, que permita identificar las posibilidades de adopción de paquetes biotecnológicos que se encuentran en desarrollo (Diez *et al.*, 2013) motivo por el cual este estudio pretende determinar el potencial de adopción por parte de pequeños agricultores de los municipios de Villa Pinzón, Ventaquemada y Tunja de este tipo de innovaciones biotecnológicas para el control de *T. solanivora* en el sistema de producción de papa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente es una investigación de tipo exploratoria - descriptiva ya que el tema no ha sido estudiado en Colombia para el sector productivo de papa, pretende especificar las características y perfiles de los productores para luego describir, analizar e interpretar las características con respecto a su potencial de adopción.

### Población y tamaño de muestra

Se obtuvo información primaria de alcaldías municipales de Villapinzón, Ventaquemada y Tunja, organizaciones productivas regionales (Central Cooperativa de Productores de Papa de Boyacá-COPABOY), municipales (Cooperativa Integral de Productores de Papa de Venta-

quemada-COMPAIVEN) y con los presidentes de las Juntas de Acción Comunal de las veredas. Se definió una población de 5.029 productores de los cuales 3.855 corresponden a pequeños productores. Se determinó el tamaño de la muestra por técnica de muestreo probabilístico estratificado con un nivel de confianza de 95% y un margen de error de 8,2%. Para este estudio se consideró como pequeños productores (PP), los que siembran hasta 30 cargas de papa en el último ciclo productivo. Se definió muestra de 207 PP para los tres municipios.

### Recolección de información

La información socioeconómica se obtuvo mediante una encuesta semiestructurada de respuesta cerrada con cuatro aspectos; caracterización del productor (composición familiar, experiencia productiva, grado de escolaridad, edad, vinculación con organizaciones productivas), estructura agraria (tipo de tenencia de la tierra, tamaño de la finca y mano de obra), caracterización del sistema productivo (variedades empleadas, manejo agronómico para control de polilla guatemalteca (PG), rendimientos e ingresos (Diez *et al.*, 2013), estructura de costos (costos de producción del último ciclo productivo). La encuesta se realizó mediante la técnica "cara a cara" con los PP acorde a la muestra establecida (Arshad *et al.*, 2009; Zangeneh *et al.*, 2010).

### Técnicas de análisis de información

Inicialmente se efectuó la caracterización del productor y su sistema productivo, se tuvo en cuenta medidas de resumen estadístico de la información recolectada a través de la encuesta. Se realizó una prueba de diferencia de proporciones en la que se juzgó el sistema de hipótesis  $H_0: p_1 = p_2$ ;  $H_1: p_1 \neq p_2$  a un nivel de significancia del 5% usando la prueba de chi-cuadrado, para determinar las diferencias entre los productores de variedades convencionales y los que quisieran sembrar la variedad genéticamente modificada (GM).

Se empleó la metodología de presupuesto parcial a partir de la disminución del porcentaje de pérdidas por PG respecto al rendimiento esperado de la papa convencional, esto permitió estimar los ingresos por adopción de las innovaciones y se definió el cambio en los costos de producción parciales por el costo de la semilla GM o tratada con agentes biocontroladores frente al costo de la semilla convencional. También se determinó la variación de costos por concepto de reducción en el uso plaguicidas y aumento de la producción (Diez *et al.*, 2013; Rivas *et al.*, 1992).

Para la aplicación de este modelo, se deflactó los valores a precios económicos de acuerdo con el precio cuenta para la producción de papa del Departamento

Nacional de Planeación (1990) correspondiente a 0,91, fue utilizado en todo el análisis económico de la posible adopción tecnológica.

En el modelo de presupuestos parciales se planteó tres escenarios para la posible adopción tecnológica de la semilla GM y el control biológico (CB). Para el caso de la semilla GM inicialmente se siguió la metodología planteada por Diez *et al.* (2013), como escenario 1, Adiyoga y Norton (2009) como escenario 2 y para el escenario 3 se tuvo en cuenta el precio promedio adicional que estarían dispuestos a pagar los PP por una semilla que reduzca las pérdidas ocasionadas por el ataque de insectos plaga, adicionalmente se contempló la reducción total de las pérdidas ocasionadas por ataque de PG para los PP de los tres municipios de acuerdo a la información recolectada en la encuesta, la reducción del uso de plaguicidas siguió lo planteado en el escenario 2 (tabla 1).

Para el CB se tuvo en cuenta el estudio hecho por Gómez *et al.* (2013), referente a control de PG en papa en condiciones de almacenamiento como escenario 1 y el estudio de Cuartas *et al.* (2009), como escenario 3 en el que se evalúan diferentes tratamientos para control de PG en condiciones de campo. Para efectos del presente estudio se trabajó con el tratamiento identificado por los autores como óptimo. Como escenarios 2 y 4 se plantearon escenarios pesimistas respecto a los escenarios 1

y 3 respectivamente y de esta forma contrastar los resultados obtenidos en cada uno de ellos.

Los ítems económicos para el CB se plantearon teniendo en cuenta otros estudios e información de fuentes secundarias. Es así que, la reducción en los costos de insumos para manejo fitosanitario se estableció de acuerdo con lo planteado por Thakore (2006), el precio del CB para almacenamiento se definió de acuerdo al precio de venta del controlador biológico de papa en almacenamiento ofrecido por Corpoica. Para el caso del producto aplicado en condiciones de campo se tuvo en cuenta el promedio de precios de tres productos ofrecidos en el mercado (*Trichoderma sp.+ Paecilomyces sp., Bacillus thuringiensis var. kurstaki*) manteniendo el promedio de aplicaciones para control de PG (tabla 2).

Finalmente, para determinar la probabilidad de adopción del paquete biotecnológico se utilizó el modelo de regresión logística. El análisis de los datos fue hecho en el paquete estadístico R versión 3.0.0, programa de uso libre R Core Team (2013).

## RESULTADOS

### Características socioeconómicas

Con la aplicación de la encuesta se determinó que la edad promedio de los agricultores es de 48 años con una

**Tabla 1.** Escenarios planteados para análisis de presupuestos parciales de la posible adopción de semilla GM.

Parámetro	Escenarios		
	1	2	3
Aumento costo de la semilla GM	50%	10%	30%
Reducción del ataque de plagas	20%	10%	16%
Reducción costo por uso plaguicidas	16%	50%	50%
Aumento en otros costos	20%	10%	16%

**Tabla 2.** Escenarios planteados para análisis de presupuestos parciales de la posible adopción de control biológico.

Parámetro	Escenarios			
	1	2	3	4
Costo control biológico	100%	100%	100%	100%
Reducción del ataque de plagas	70%	30%	75.7%	30%
Reducción del costo por uso de plaguicidas	25%	25%	25%	25%
Aumento en otros costos	70%	30%	75.7%	30%

**Tabla 3.** Variación costos parciales de producción de papa por hectárea relacionados con la adopción de semilla genéticamente modificada para el control de Polilla Guatemalteca en el último ciclo productivo.

\*\$: pesos

Detalle de costos ítem	Convencional		Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3	
	Costo \$*	%	Costo \$	%	Costo \$	%	Costo \$	%
Material vegetativo	622.390	43,6	933.585	55,6	684.629	56,9	809.107	60,4
Manejo fitosanitario	611.713	42,8	513.839	30,6	305.857	25,4	305.857	22,8
Empaque	192.747	13,5	232.296	13,8	212.021	17,6	223.586	16,7
Total	1'426.850	100	1'678.720	100	1'202.507	100	1'338.549	100

experiencia media de 26 años. La totalidad de los encuestados manifiestan desempeñar labores agrícolas, predominando el cultivo de papa destinando en promedio 1,4 ha para la siembra de aproximadamente 15 cargas, esta labor permite el sustento de sus familias que se componen en promedio de 4 integrantes. Con ingreso por hectárea por ciclo de promedio de \$9'074.773 pesos.

Respecto al nivel de escolaridad, el 79,2% de los productores cursaron algún grado de primaria, seguido por 18,8% que cursaron algún nivel de secundaria, mientras 0,5% tiene formación técnica. Como característica destacable, se evidenció que ninguno de los productores tiene formación superior y el 1,4% nunca asistió a un centro educativo. El 43% de la población estudiada, siembra en tierra propia, el 41,1% en terreno arrendado, la siembra en sociedad se presenta en el 14,5% y el 1% siembra bajo la modalidad de empeño.

El 21,2% de la población se encuentra vinculada a organizaciones del sector productor, de los 11,1% están en federaciones, 5,8% en asociaciones y 4,3% en cooperativas. El tiempo promedio de vinculación a estas organizaciones es de 6,2 años, y en este tipo de productores 25% a 35% manifestaron haber recibido algún tipo de transferencia tecnológica para su cultivo.

Respecto a la asistencia técnica el 37,7% de la totalidad de los productores reciben asistencia para su cultivo, de los cuales 27% manifestaron que reciben asistencia dirigida al uso de agroquímicos adquiridos en las casas comerciales y agrónomos particulares que son consultados por cuenta del pequeño productor. 6,3% recibe asistencia de Unidades Municipales de Asistencia Técnica (UMATA) y 4,3% de organizaciones productivas. El 62% de los productores en los tres municipios no recibe ningún tipo de asistencia técnica.

### Caracterización del sistema productivo

Los aspectos considerados fueron el tipo y procedencia de la semilla utilizada en el último ciclo productivo, destino de la producción, diversificación del cultivo, variedad sembrada y deseada, así como métodos empleados por los productores para el control de PG y su disposi-

ción para probar métodos alternativos para el manejo de estas plagas.

85% de los PP destinan una parte de la última cosecha como semilla para la nueva siembra, 61% de ellos lo hace por ahorrar en costos. Solo el 15% de los productores, utiliza semilla certificada, el 94% de ellos justifica su uso en el rendimiento. De los productores que utilizan semilla propia el 91% estarían dispuestos a utilizar semilla certificada si esto significa un aumento en el rendimiento.

El 90% de la producción de papa en los tres municipios es destinada a la venta. El 47% de los PP vende la cosecha exclusivamente al intermediario mayorista, el cual recoge la cosecha directamente en el predio, 17% de los productores encuestados venden en Corabastos (Bogotá). En la plaza de mercado de Tunja venden el 11% de los productores y el 6% la venden en el centro de acopio del municipio de Villapinzón. El 19% de los encuestados utilizan distintos canales de comercialización para cada cosecha. El precio promedio por carga según la última cosecha fue de \$46.541 pesos.

La diversificación del cultivo con maíz, frijol y arveja no es una práctica frecuente, solo lo realizan el 10% de los PP, de estos el 65% estaría dispuesto a sembrar solo papa si así lo requiere la implementación de una nueva tecnología. Como resultado de las encuestas se evidenció que las variedades usadas por el 57% de la población encuestada en el último ciclo productivo fueron Diacol Capiro, Betina, Pastusa Suprema y Marengo. Sin embargo, el 98% de los PP estarían dispuestos a sembrar una variedad que reduzca las pérdidas por ataque de insectos plaga, bajo este escenario, el 61% se inclina por las variedades Pastusa Suprema, Diacol Capiro y Parda Pastusa. La prueba de diferencia de determinó que se rechaza H0 para las variedades Marengo, Pastusa superior, Ica única, Betina y Parda pastusa, entendiendo que la proporción de productores que siembran estas variedades y quienes desean sembrarla es diferente.

Ante una variedad con resistencia al ataque de PG el 97% de los productores en los tres municipios estaría dispuesto a pagar un mayor precio por carga de semilla,

Tabla 4. Análisis de presupuestos parciales para la adopción tecnológica de semilla de papa genéticamente modificada.

Escenario	Modelo de presupuestos parciales			
	Efectos positivos		Efectos negativos	
	Ítem	Valor (Pesos)	Ítem	Valor (Pesos)
1	Disminución del costo		Aumento del costo	
	Reducción del uso plaguicidas	\$97.874	Aumento en costo de semilla GM	\$311.195
			Aumento del costo de empaque	\$38.549
	Aumento del ingreso		Disminución del ingreso	0
	Aumento por rendimiento	\$1'651.609		
	Total efectos positivos	\$1'749.483	Total efectos negativos	\$349.744
	<b>Beneficio Neto \$ 1'399.739</b>		<b>Relación Beneficio Costo 4,0</b>	
2	Disminución del costo		Aumento del costo	
	Reducción del uso plaguicidas	\$305.856	Aumento en costo de semilla GM	\$62.239
			Aumento del costo de empaque	\$19.274
	Aumento del ingreso		Disminución del ingreso	0
	Aumento por rendimiento	\$825.804		
	Total efectos positivos	\$1'131.660	Total efectos negativos	\$81.513
	<b>Beneficio Neto \$ 1'050.147</b>		<b>Relación Beneficio Costo 12,9</b>	
3	Disminución del costo		Aumento del costo	
	Reducción del uso plaguicidas	\$305.856	Aumento en costo de semilla GM	\$186.717
			Aumento del costo de empaque	\$30.839
	Aumento del ingreso		Disminución del ingreso	0
	Aumento en el rendimiento	\$1'321.287		
	Total efectos positivos	\$1'627.143	Total efectos negativos	\$217.556
	<b>Beneficio Neto \$ 1'409.587</b>		<b>Relación Beneficio Costo 6,5</b>	

en promedio \$81.692 pesos por carga, además el 86% de estos cambiaría incluso su técnica de siembra si así se requiere. Según la última cosecha las pérdidas por PG son 16% en promedio. El método de control utilizado por el 99,5% de los productores es el químico, solo 0,5% de ellos acude al control químico y mecánico. El control requiere en promedio 3,7 aplicaciones, por cada una se emplean en promedio 8,2 jornales. El alto uso de agroquímicos ha ocasionado afectaciones de salud en el 31% de los productores, el 65% de los encuestados no conoce otro método de control y quienes han probado otras alternativas no han obtenido buenos resultados.

El 98% de los productores está dispuesto a probar nuevos métodos de control que les permita disminuir las pérdidas actuales, 90,6% de ellos incluirían en su sistema productivo métodos de control genéticos y biológicos.

**Aplicación modelo de presupuestos parciales**  
**Variación de la estructura de costos para posible adopción tecnológica de semilla mejorada.** El costo de mayor participación para los productores en los tres municipios corresponde al costo de semilla. Adicionalmente y según la metodología descrita para cada escenario se encontró que los mayores costos parciales corresponden al escenario 1, mientras el escenario 2 registró menores costos parciales (tabla 3).

En la tabla 4 se observan los presupuestos parciales que contemplan la variación del ingreso, que representa el aumento en la producción como consecuencia de la disminución de pérdidas por ataque de PG, y del costo generado por la posible adopción de una semilla mejorada en respuesta a los escenarios planteados frente al convencional. El aumento en los costos de producción

**Tabla 5.** Variación costos de producción de papa por hectárea relacionados con la adopción tecnológica de CB para el control de PG acorde a Gómez *et al.*

\*\$: pesos

Detalle costos por ítem	Convencional		Escenario 1		Escenario 2	
	costo \$	%	costo \$	%	costo \$	%
Costo del producto	0	0	480.000	37.90	480.000	40.36
Manejo fitosanitario	611.713	76.04	458.785	36.23	458.785	38.57
Empaque	192.747	23.96	327.670	25.87	250.571	21.07
<b>Total</b>	<b>804.460</b>	<b>100</b>	<b>1'266.454</b>	<b>100</b>	<b>1'189.356</b>	<b>100</b>

**Tabla 6.** Variación costos de producción de papa por hectárea relacionados con la adopción tecnológica de CB para el control de PG acorde a Cuartas *et al.*

\*\$: pesos

Detalle costos por ítem	Convencional		Escenario 1		Escenario 2	
	Costo \$	%	Costo \$	%	Costo \$	%
Costo del producto	0	0	298.744	37,9	298.744	29,6
Manejo fitosanitario	611.713	76	458.785	36,2	458.785	45,5
Empaque	192.747	23	338.656	25,9	250.571	24,9
<b>Total</b>	<b>804.460</b>	<b>100</b>	<b>1'096.185</b>	<b>100</b>	<b>1'008.100</b>	<b>100</b>

está relacionado directamente con el aumento en el costo de la semilla y en otros costos. A partir de esta información se presenta una relación beneficio costo de 4,0; 12,9 y 6,5, en los tres escenarios respectivamente. Este indicador muestra que para los pequeños productores los tres escenarios son viables desde el punto de vista económico porque además de recuperar la totalidad del costo se genera un excedente de 3,0, 11,9 y 5,5 de lo invertido en la semilla GM.

**Variación de la estructura de costos para posible adopción tecnológica de Control biológico.** Los dos escenarios planteados para la posible adopción del CB corresponden a métodos donde se usaron controladores biológicos para el manejo de PG. El primer escenario se basa en lo planteado por Gómez *et al.* (2013), el segundo escenario corresponde al estudio de Cuartas *et al.* (2009) los resultados se observan en la tabla 5 y 6 respectivamente.

El modelo de presupuestos parciales en estos dos escenarios arroja una relación beneficio costo positiva para los productores variando de 3,9 a 13,4 según los escenarios diseñados (tabla 7).

#### Modelo de regresión logística

En la tabla 8 se presenta una descripción bivariada de las variables consideradas, en el que puede verse la distribución de la población total como del subconjunto de los

productores que posiblemente adoptarían el paquete biotecnológico como los que no. La tabla también presenta el valor p de la prueba chi-cuadrado utilizado para juzgar la hipótesis de independencia de cada variable con la respuesta en la adopción. Los resultados permiten afirmar que las variables sexo, grado de escolaridad, asistencia técnica, vinculación a organizaciones, conocimiento de otros métodos, tenencia de la tierra no se asocian a la adopción o no del paquete biotecnológico (tabla 8).

El modelo de regresión logística para variables continuas, determinó que ni la edad ni los ingresos inciden sobre la adopción o no del paquete biotecnológico, mientras la experiencia sí incide.

#### Factores asociados a la adopción biotecnológica – modelo logit.

Para la selección de las variables que conforman el modelo más parsimonioso se utilizó el método hacia adelante utilizando como indicador el criterio de Información de Akaike. Así las cosas, el modelo queda constituido por la variable tipo de semilla que usa el productor. Sin embargo, ajustando el modelo adicionalmente al marco conceptual que sustenta esta investigación, se consideró el grado de escolaridad y la experiencia del productor tal como lo plantea (Rojas, 1998).

Se encontró, que un productor medio, es decir, con estudios de primaria, que usa semilla propia y con 20 años

Tabla 7. Presupuesto parcial para la adopción tecnológica de control biológico para polilla guatemalteca.

Escenario	Modelo de presupuestos parciales			
	Efectos positivos		Efectos negativos	
	Ítem	Valor (Pesos)	Ítem	Valor (Pesos)
1	Disminución del costo		Aumento del costo	
	Reducción del uso plaguicidas	\$152.928	Aumento en costo de semilla GM	\$480.000
			Aumento del costo de empaque	\$57.824
	Aumento del ingreso		Disminución del ingreso	0
	Aumento por rendimiento	\$6'352.341		
	Total efectos positivos	\$6'505.269	Total efectos negativos	\$ 537.824
	<b>Beneficio Neto \$ 5'890.346</b>		<b>Relación Beneficio Costo 9,6</b>	
2	Disminución del costo		Aumento del costo	
	Reducción del uso plaguicidas	\$152.928	Aumento en costo de semilla GM	\$480.000
			Aumento del costo de empaque	\$134.923
	Aumento del ingreso		Disminución del ingreso	0
	Aumento por rendimiento	\$2'477.413		
	Total efectos positivos	\$2'630.341	Total efectos negativos	\$ 614.923
	<b>Beneficio Neto \$ 2'092.517</b>		<b>Relación Beneficio Costo 3,9</b>	
3	Disminución del costo		Aumento del costo	
	Reducción del uso plaguicidas	\$152.928	Aumento en costo de semilla GM	\$298.774
			Aumento del costo de empaque	\$145.909
	Aumento del ingreso		Disminución del ingreso	0
	Aumento en el rendimiento	\$6'251.339		
	Total efectos positivos	\$6'404.267	Total efectos negativos	\$ 444.653
	<b>Beneficio Neto \$ 5'959.614</b>		<b>Relación Beneficio Costo 13,4</b>	
4	Disminución del costo		Aumento del costo	
	Reducción del uso plaguicidas	\$152.928	Aumento en costo de semilla GM	\$298.744
			Aumento del costo de empaque	\$57.824
	Aumento del ingreso		Disminución del ingreso	0
	Aumento en el rendimiento	\$2'477.413		
	Total efectos positivos	\$2'630.341	Total efectos negativos	\$ 356.568
	<b>Beneficio Neto \$ 2'273.773</b>		<b>Relación Beneficio Costo 6,4</b>	

de experiencia, la probabilidad de que adopte el paquete biotecnológico es del 91.9%. Por cada año que aumente la experiencia del productor se disminuye en 0.98 veces la probabilidad de usar el paquete biotecnológico.

## DISCUSION

Los 207 productores encuestados son una población adulta con amplia experiencia y dependencia total de la

actividad agrícola. Se han vinculado a la labor desde temprana edad lo que hace que la mayoría solo tengan estudio de primaria e incluso algunos sean analfabetas. Cabe resaltar que para este estudio el nivel de escolaridad no fue una variable que definiera la adopción o no del paquete biotecnológico. El censo nacional de papa realizado en el 2001, reporta resultados similares, sin embargo respecto al acceso a asistencia técnica ha mejorado desde el 2001 a la fecha del presente estudio pasando de

**Tabla 8.** Descripción bivariada de las variables categóricas del estudio.

Variable	Productores que prefieren el paquete biotecnológico (%)	Productores que no prefieren el paquete biotecnológico (%)	p- valor
Sexo	96,7	91,7	0.2271
Escolaridad	80,7	78,3	0.8892
Asistencia técnica	63,4	54,2	0.3807
Vinculación a organizaciones	78.1	83,3	0.5589
Uso de semilla	86,3	70,8	0.0482*
Conocimiento de otros métodos	66,1	62,5	0.7254
Tenencia de la tierra	43,2	45,8	0.9256

10,7% a 37,7%, pese a esta mejora aún se presentan dificultades para el acceso a asistencia técnica y la vinculación a organizaciones productivas del sector papero.

El tiempo de vinculación de los PP a organizaciones, es muy corto respecto al tiempo que llevan vinculados al sector ya que las organizaciones no han estado siempre presentes si no por el contrario surgen después de movilizaciones como el paro agrario de 2013. Una vez que solo entre el 25% y 35% de los productores vinculados han recibido algún tipo de transferencia tecnológica, es importante considerar que estos canales se activen para potencializar la adopción de innovaciones.

Las variedades sembradas también han variado respecto al censo, actualmente las más sembradas son Diacol Capiro seguida de Betina y Pastusa Suprema, estas dos últimas hacen parte de las variedades liberadas por la Universidad Nacional en los últimos 13 años (Barrientos & Núñez, 2014), esto muestra la buena receptividad de los productores hacia productos resultado de la investigación académica como sería el caso de la variedad GM y el CB.

Los resultados muestran el uso recurrente de semilla propia por parte de los productores atribuido al difícil acceso a la casa comercial y a altos costos; sin embargo, manifiestan estar dispuestos a pagar 30% más sobre el valor actual de la semilla por una semilla certificada que les mejore el rendimiento, la posición actual de los PP difiere de lo reportado por Rojas (1998) donde se observaba resistencia al cambio. Los resultados indican que por costos es viable la adopción de la semilla GM siempre y cuando esta no aumente más allá del 30%. Es necesario definir canales de difusión que permitan que semilla certificada llegue a los pequeños productores, ya que muchos de estos acceden a esta semilla a través de fincas vecinas de medianos y pequeños productores.

Respecto a la metodología de presupuestos parciales, se recurrió a plantear posibles escenarios teniendo en

cuenta que el paquete biotecnológico se encuentra en fase de laboratorio, se emplearon investigaciones internacionales como sustento metodológico puesto que para el caso colombiano no se ha registrado liberación comercial de semillas GM de papa y la investigación económica del impacto del control biológico para este cultivo es escasa. La metodología de presupuestos parciales ha sido utilizada en Colombia para investigaciones como la realizada por Salazar y Betancourth (2009) donde se evalúan distintos extractos de plantas para el control de *T. solanivora* en el departamento de Nariño, en esa investigación al igual que en este trabajo llevada a cabo con PP de papa de la región Cundiboyacense se evidenció un efecto económico positivo de la adopción de nuevas tecnologías biológicas para control de PG.

Para la posible liberación de semilla GM los estudios de Diez *et al.* (2013), y Adiyoga & Norton (2009) utilizados como referente registraron en sus investigaciones una relación beneficio - costo positiva acorde con los resultados obtenidos en esta investigación para el escenario dos, teniendo en cuenta que se presenta disminución significativa de los costos de insumos para manejo fitosanitario y que el aumento en el costo de la semilla es mínimo. Se resalta que el escenario tres en el que se emplearon las opiniones de los PP recogidas en la encuesta también generó una relación beneficio costo positiva, ubicándose en una posición intermedia respecto a los otros escenarios.

Teniendo en cuenta que las mayores variaciones positivas se encuentran dirigidas a los insumos, se supone un impacto económico positivo ya que son estos los de mayor participación en la estructura de costos totales por hectárea. Sin embargo, hay que tener en cuenta que aun cuando la metodología de presupuestos parciales ha sido ampliamente utilizada en el mundo para este tipo de evaluación puede generar sobreestimaciones de las bondades económicas de las tecnologías planteadas en cada caso, teniendo en cuenta que compara ingresos

totales frente a costos parciales, es decir buena parte de los costos de producción no se ven reflejados en los indicadores económicos calculados a partir de este modelo lo que puede generar interpretaciones erróneas en los productores de los beneficios económicos de la posible adopción tecnológica.

Con ánimo de demostrar lo planteado anteriormente se extrapolaron los datos de los escenarios con menor relación beneficio costo (escenario 1 para semilla GM y escenario 2 para control biológico) a la estructura de costos totales y se obtuvo así una relación beneficio costo de 1,13 para la posible adopción de semilla GM y de 1,21 para el caso del control biológico (datos no mostrados), evidenciando así que aun cuando estos escenarios se identificaron como los menos favorables, en ellos el PP recuperan el total de los costos de producción y genera un excedente económico menor al presentado en el modelo de presupuestos parciales, es decir que si tras la liberación comercial del paquete biotecnológico y la adopción por parte de los productores se registra un escenario real con aspectos económicos más positivos que los presentados en estos dos escenarios el PP seguirá recuperando los costos de producción y aumentando el margen de utilidad.

Respecto al modelo econométrico, inicialmente arrojó que la probabilidad de adopción está determinada por el tipo de semilla utilizada (certificada, propia); sin embargo, se incluyó las variables grado de escolaridad y experiencia, por ser variables recurrentes que explican la probabilidad de adopción de tecnologías (Rojas, 1998; Akudugu *et al.*, 2012; Sani *et al.*, 2014). Según Rojas (1998) y Deressa *et al.* (2009), agricultores con mayor grado de escolaridad pueden tener mayor acceso a información y por tanto conocer nuevas tecnologías, así como mayores argumentos de decisión frente a su adopción.

## CONCLUSIONES

Tras el desarrollo de la investigación y el cumplimiento de los objetivos establecidos se concluye que los pequeños productores de papa de Villapinzón, Ventaquemada y Tunja cuentan con un alto potencial de adopción del paquete biotecnológico dirigido al control de plagas en papa de acuerdo a las características socioeconómicas identificadas y analizadas a través de las diferentes metodologías, concluyendo que la adopción del paquete biotecnológico completo o de alguna de las tecnologías presentadas en el estudio contribuyen a mejorar sus condiciones económicas y en el ámbito social generan impactos directos sobre la disminución de riesgos a la salud del agricultor al reducir el uso de agroquímicos.

La metodología planteada permitió analizar la información de forma idónea y generando una base para el desarrollo de futuras etapas del proyecto donde se tengan en cuenta otros tipos de productores y demás agentes de la cadena. Se resalta que la metodología de presupuestos parciales es de uso sencillo y evidencia las ventajas económicas que se generan al productor al adoptar las tecnologías, adicionalmente sirve de insumo para aplicar metodologías más complejas que amplíen los resultados encontrados.

Adicionalmente se resalta que esta es una de las investigaciones pioneras en evaluaciones ex ante para liberación de biotecnología en el país, aun mas cuando está dirigida a los pequeños productores, generando nuevos referentes nacionales para estudios de este tipo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adiyoga, W., & Norton, G. W. (2009). Costs and Benefits of Bt Potato with resistance to Potato tuber Moth in Indonesia. *For Fruits & Vegetables*, 105.
- Agronet (2019). Estadísticas agropecuarias. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=11-08-2019>.
- Akudugu, M., Guo, E., & Dadzie, S. K. (2012). Adoption of modern agricultural production technologies by farm households in Ghana: What factors influence their decisions. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 2(3), 1-13.
- Arshad, M., Suhail, A., Gogi, M. D., Yaseen, M., Asghar, M., Tayyib, M., & Ullah, U. N. (2009). Farmers' perceptions of insect pests and pest management practices in Bt cotton in the Punjab, Pakistan. *International Journal of Pest Management*, 55(1), 1-10.
- Barrientos, J. C., & Núñez, C. E. (2014). Difusión de seis nuevas variedades de papa en Boyacá y Cundinamarca (Colombia) entre 2003 y 2010. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(1), 126-141.
- Cuartas, P., Villamizar, L., & Espinel, C. (2009). Infection of native granulovirus on *Tecia solanivora* and *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 35(2), 122-129.
- Departamento Nacional de Planeación de Colombia. (1990). Estimación de precios de cuenta para Colombia. BID. Documento Interno de trabajo.
- Deressa, T., Hassan, R., Ringer, C., Alemu, T., & Yesuf, M. (2009). Determinants of farmers' choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia. *Global Environmental Change*, 19(2), 248-255.

- Diez Matallana, R. A., Ocorima, G., Margot, R., & Varona Manrique, A. (2013). Análisis de metodologías de evaluación antes y después de cambios tecnológicos: el caso de la liberación de los organismos genéticamente modificados en Perú. *Forum Empresarial*, 18(1), 27-56
- FEDEPAPA. (2010). Acuerdo de competitividad de la cadena agroalimentaria de la papa en Colombia. Recuperado 24 de abril, 2015, de <http://www.fedepapa.com/wp-content/uploads/pdf/ACUERDOCOMPETITIVIDAD-CADENA-AGROALIMENTARIA-PAPA.pdf>
- Gómez-Bonilla, Y., López-Ferber, M., Caballero, P., Muriello, R., & Muñoz, D. (2013). Granulovirus formulations efficiently protect stored and field potatoes from *Phthorimaea operculella* and *Tecia solanivora* in Costa Rica. *BioControl*, 58(2), 215-224.
- R Core Team. (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado de <http://www.R-project.org/>.
- Rivas, L., Garcia, J., Seré, C. & CIAT, P. P. T. (1992). Modelo de análisis de excedentes económicos (MODEXC). CIAT, Cali, Febrero 1.
- Rojas, G. (1998). Factores físicos y socioeconómicos que explican la no adopción de tecnología moderna por el caficultor en Antioquia y Cundinamarca. *Ensayos sobre Economía Cafetera (Colombia)*, 11(14), 73-100.
- Sani, A., Abubakar, B., Yakubu, D., Atala, T., & Abubakar, L. (2014). Socio-economic factors influencing adoption of dual-purpose cowpea production technologies in Bichi Local Government Area of Kano State, Nigeria. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics and Sociology*, 3(4), 257-274.
- Salazar, C., & Betancourth, C. (2009). Evaluación de extractos de plantas para el manejo de polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) en cultivos de papa en Nariño, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 27(2), 219-226.
- Schaub, B., & Kroschel, J. (2018). Developing a biocontrol strategy to protect stored potato tubers from infestation with potato tuber moth species in the Andean region. *Journal of Applied Entomology*, 142(1-2), 78-88.
- Thakore, Y. (2006). The biopesticide market for global agricultural use. *Industrial Biotechnology*, 2(3), 194-208.
- Zangeneh, M., Omid, M., & Akram, A. (2010). A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. *Energy*, 35(7), 2927-2933.
- Valderrama, M., Velásquez, N., Rodríguez, E., Zapata, A., Abbas Zaidi, M., Altosaar, I., & Arango, R. (2007). Resistance to *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) in three transgenic Andean varieties of potato expressing *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac protein. *Journal of economic entomology*, 100(1), 172-179.
- Zepeda, J. F., Barreto-Triana, N., Baquero-Haeberlin, I., Espitia-Malagón, E., Fierro-Guzmán, H., & López, N. (2006). An exploration of the potential benefits of integrated pest management systems and the use of insect resistant potatoes to control the Guatemalan tuber moth (*Tecia solanivora* Poivoly) in Ventaquemada, Colombia. *International Food Policy Research Institute (IFPRI)*.