

**POTENCIAL SOCIOECONÓMICO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES PARA
LA ADOPCIÓN DE UN PAQUETE BIOTECNOLÓGICO DIRIGIDO AL
CONTROL DE PLAGAS EN PAPA (*Solanum tuberosum* L.)**

JESSICA LORENA REYES SALAZAR

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL DUITAMA
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS AGROPECUARIAS**

2016

**POTENCIAL SOCIOECONÓMICO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES PARA
LA ADOPCIÓN DE UN PAQUETE BIOTECNOLÓGICO DIRIGIDO AL
CONTROL DE PLAGAS EN PAPA (*Solanum tuberosum* L.)**

JESSICA LORENA REYES SALAZAR

**Trabajo de grado modalidad monografía para optar al título de
Administradora de Empresas Agropecuarias**

Directora

LISNEY ALESSANDRA BASTIDAS PARRADO

I.A. MSc. Ciencias-Microbiología

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL DUITAMA
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS AGROPECUARIAS**

2016

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Duitama 16, Noviembre, 2016

Dedico este trabajo a mi familia que me acompañó y apoyo en este proceso.

AGRADECIMIENTOS

A Colciencias por permitirme hacer parte del proyecto FP44842-486-2014, a la docente Lisney Alessandra Bastidas Parrado por la dirección de este trabajo, su dedicación y apoyo constante. A los investigadores asociados al proyecto por el acompañamiento durante todo el proceso.

A los presidentes de las juntas de acción comunal de las veredas visitadas, así como a los productores de papa encuestados por su disposición y buena acogida en la etapa desarrollada en campo.

Finalmente, agradezco a los compañeros que apoyaron la recolección de información en campo y los docentes que asesoraron la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	12
1.3 JUSTIFICACIÓN	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVO GENERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. MARCO DE REFERENCIA.....	14
3.1 MARCO TEÓRICO	14
3.1.2 Plagas de importancia económica y estrategias de control.	14
3.1.3 Organismos genéticamente modificados	15
3.1.4 Control biológico.	16
3.1.5 Adopción tecnológica.	177
3.1.6 Métodos de evaluación para innovaciones tecnológicas.	18
3.2 MARCO CONCEPTUAL	20
3.2.1 Organismos genéticamente modificados.	20
3.2.2 Control biológico.	20
3.2.3 Muestreo aleatorio estratificado	20
3.2.4 Presupuestos parciales.....	20

3.3 MARCO LEGAL	21
4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	23
4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	23
4.2 MÉTODO	23
4.3 POBLACIÓN Y TAMAÑO DE LA MUESTRA	23
4.4 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	24
4.5 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	24
5. RESULTADOS	28
5.1 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PAPA DE VILLAPINZÓN, VENTAQUEMADA Y TUNJA.....	28
5.2 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE PAPA DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE VILLAPINZÓN, VENTAQUEMADA Y TUNJA	30
5.3 APLICACIÓN DEL MODELO DE PRESUPUESTOS PARCIALES	33
5.3.1 Variación de la estructura de costos para posible adopción tecnológica de semilla mejorada.....	33
5.3.2 Variación de la estructura de costos para posible adopción tecnológica de Control biológico - CB.	36
5.3.3 Estructura de costos totales para pequeños productores de papa de los tres municipios periodo 2015- 2016.....	39
5.4 MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA	40
5.4.1 Factores asociados a la adopción biotecnológica – modelo logit..	42
6. DISCUSIÓN.....	44
7. CONCLUSIONES	50
8. RECOMENDACIONES.....	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Parámetros tenidos en cuenta en los tres escenarios planteados para análisis de presupuestos parciales de la posible adopción de semilla genéticamente modificada.....	26
Tabla 2. Parámetros tenidos en cuenta en los escenarios planteados para análisis de presupuestos parciales de la posible adopción de control biológico.....	26
Tabla 3. Características del modelo de regresión logística aplicado al estudio.....	27
Tabla 4. Principales características socioeconómicas de los pequeños productores de papa de Villapinzón, Ventaquemada y Tunja.....	28
Tabla 5. Vinculación de los pequeños productores de papa de Villapinzón, Ventaquemada y Tunja a organizaciones productiva.....	29
Tabla 6. Tipo de asistencia técnica recibida por los pequeños productores de papa de Villapinzón, Ventaquemada y Tunja.....	29
Tabla 7. Variedad sembrada en el último ciclo productivo y variedad deseada por los pequeños productores en los municipios de Villapinzón, Ventaquemada y Tunja	31
Tabla 8. Test de diferencia de proporciones entre variedades de papa sembradas y las que desean sembrar los pequeños productores de Villapinzón, Ventaquemada y Tunja.....	32
Tabla 9. Porcentaje de pequeños productores de papa de Villapinzón Ventaquemada y Tunja dispuestos a implementar los métodos de control propuestos o sus combinaciones para el control de Polilla Guatemalteca ...	33
Tabla 10. Variación de los costos 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	34

Tabla 11. Análisis de presupuestos parciales para la adopción tecnológica de semilla de papa genéticamente modificada	35
Tabla 12. Variación de los costos de producción de papa por hectárea relacionados con la adopción tecnológica de CB para el control de PG	37
Tabla 13. Presupuesto parcial para la adopción tecnológica de control biológico para polilla guatemalteca	37
Tabla 14. Estructura de costos por hectárea de los pequeños productores de papa de tres municipios de la región Cundiboyacense para el periodo 2015-2016.....	39
Tabla 15. Resumen de indicadores económicos.....	40
Tabla 16. Descripción bivariada de las variables categóricas tenidas en cuenta en el estudio	40
Tabla 17. Resultado del modelo de regresión logística con todas las variables evaluadas	42
Tabla 18. Resultados del modelo de regresión logística.....	43

INTRODUCCIÓN

Los productores agropecuarios alrededor del mundo cuentan con una característica distintiva, su dinamismo. Al encontrarse en un entorno que cambia permanentemente y está sujeto a influencias ambientales, políticas, comerciales y por supuesto investigativas, se ven en la necesidad de interactuar y adaptarse a la nueva situación con base en su experiencia y la de su entorno (Diez *et al.*, 2013).

La investigación, el desarrollo y la transferencia tecnológica son herramientas de gran influencia en el crecimiento científico, económico y social de un país y su sector agropecuario Milanés (2010), es de suma importancia que los procesos de transferencia tecnológica estén antecedidos por evaluaciones que permitan identificar las características de los productores a quienes está dirigida la investigación y además permitan hacer predicciones sobre las posibles decisiones de aceptación o rechazo de la tecnología; entendiendo que la adopción tecnológica puede tener repercusiones en el sistema productivo y en el contexto social en que se encuentra el productor (Diez *et al.*, 2013).

Con el desarrollo de la presente investigación se pretende determinar el potencial de adopción de los pequeños productores de papa de Villapinzón, Ventaquemada y Tunja, municipios ubicados en la región Cundiboyacense, reconocidos por su tradición papera a partir de sus condiciones socioeconómicas, referente a innovaciones biotecnológicas en desarrollo en el país, para el control plagas de importancia económica como *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) que afectan este sistema de producción que sustenta más de 90.000 familias en el país (Villamil *et al.*, 2016; FEDEPAPA, 2010).

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Colombia es un país de tradición papera, su producción en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Nariño es 39,32%, 26,64% y 18,48% respectivamente en la producción nacional (Anuario Estadístico, 2013). La producción se caracteriza por ser minifundista, cerca del 95% de las unidades tienen una superficie menor a tres hectáreas, y de estas el 79% es menor a una hectárea (FEDEPAPA, 2010; Zepeda *et al.*, 2006). La economía de estos productores minifundistas que tiene como eje fundamental la producción del tubérculo se ve afectada por el ataque de plagas como *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). En 1991 se conoció la presencia de esta plaga en Boyacá y Cundinamarca, donde en los primeros años se registraron pérdidas entre el 80% y 90% en la papa cosechada (Vargas *et al.*, 2004; Zepeda *et al.*, 2006), actualmente se evaluó el cultivo y el tubérculo almacenado, estimando pérdidas entre el 20% y 30% (Calle, 2011).

Esta situación ilustra la incertidumbre y riesgo constante al que se enfrenta el sector papero que está influenciado por factores de difícil control para el productor y que pueden ocasionarle grandes pérdidas económicas y afectaciones a su entorno social, en consecuencia se han diseñado transferencias de tecnología al productor agropecuario en respuesta a los riesgos de la producción (Mwang *et al.*, 2015; Kumar y Prashant, 2015; Stanton *et al.*, 2010). Las tecnologías suelen ser evaluadas después de su liberalización y del proceso de adopción por parte de los productores (Sharma *et al.*, 2015; Marconi *et al.*, 2015), dichas evaluaciones ex -post tienen utilidad en el sentido que documentan los beneficios de la inversión hecha en la innovación tecnológica (Raney, 2006).

El desconocimiento del contexto social, cultural y económico de los productores es constante, pocos estudios se enfocan en conocer al sujeto antes de la transferencia de tecnología. La investigación es escasa en cultivos minifundistas en el país, caso particular el de papa en regiones como la Cundiboyacense, donde a pesar de considerarse zona productora y despensa para la nación, carece de estudios socioeconómicos que permitan conocer el potencial y utilidad de investigaciones enfocadas a mitigar problemas técnicos, dichas investigaciones en ocasiones están poco relacionadas con las capacidades y posibilidades de adopción tecnológica de los productores (Zepeda *et al.*, 2006).

1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

El planteamiento del problema se expresa en la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál es la relación entre las condiciones socioeconómicas de pequeños productores de papa frente a la adopción de un paquete biotecnológico dirigido al control de las plagas de mayor afectación de este cultivo?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La importancia económica de la papa en Colombia se evidencia en la participación del 32% que tiene dentro de la producción de cultivos transitorios (Súper Intendencia de Industria y Comercio, s.f.), es un sistema de producción que vincula cerca de 90.000 familias en su explotación directa (FEDEPAPA, 2010; ICA, 2014) y uno de los principales productos de la canasta nutricional familiar con un consumo *per cápita* anual cercano a 60 kilogramos (PORTAFOLIO, 2014).

El departamento de Cundinamarca es el primer productor nacional de papa con una superficie de 53.830 hectáreas y una producción de 1.113.182 toneladas, Boyacá ocupa el segundo lugar con una superficie de 43.450 hectáreas y una producción de 754.397 toneladas (Anuario estadístico, 2013). Este panorama ha motivado la inclusión de Ventaquemada y Tunja en representación de Boyacá y Villapinzón por Cundinamarca dentro del proyecto “Alternativas biotecnológicas para control de las plagas de papa *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) Y *Premnotrypes vorax* (Coleoptera: Curculionidae), y sus implicaciones socio-económicas” aprobado por Colciencias y desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia, Universidad Antonio Nariño, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Universidad del Tolima y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

La presente investigación se desarrolló en el marco del proyecto mencionado, entendiendo que la transferencia de tecnología debe estar antecedida por la evaluación del potencial de adopción tecnológica antes que esta sea liberada y adoptada en los sistemas productivos. La evaluación ex –ante proporciona información sobre las condiciones socioeconómicas del posible adoptante, dicha información guía las decisiones de inversión y pueden ilustrar la trascendencia económica y social de la implementación del paquete biotecnológico ofrecido por el proyecto y adicionalmente brinda información confiable que puede ser utilizada en futuras investigaciones en la región (Adiyoga y Norton, 2009).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Definir el potencial socioeconómico de pequeños productores de papa en los municipios de Villapinzón, Ventaquemada y Tunja para adoptar un paquete biotecnológico (organismos genéticamente modificados y control biológico) dirigido al control de *Tecia solanivora*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar las características socioeconómicas de los pequeños productores de papa en los municipios de Villapinzón, Ventaquemada y Tunja.

Analizar la variación en la estructura de costos con la introducción de un paquete agrobiotecnológico para el control de *Tecia solanivora* en los municipios de Villapinzón, Ventaquemada y Tunja.

Evaluar indicadores económicos y sociales que permitan determinar la posible adopción de un paquete biotecnológico por pequeños productores de papa en los municipios de Villapinzón, Ventaquemada y Tunja.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 MARCO TEÓRICO

3.1.1 Importancia del cultivo de papa. Gracias a sus bondades alimenticias y comerciales la papa se ha extendido alrededor del mundo como un agronegocio de producción y consumo en constante aumento, la producción mundial de papa en fresco se ha incrementado en los últimos años con una tasa de 0,49% anual entre 1998 y 2007 (FEDEPAPA, s.f). En cuanto a su consumo menos del 50% de la papa cosechada se destina para consumo en fresco, con el resto se obtienen ingredientes alimentarios para animales, semilla para futuras siembras y alimentos procesados que son los de mayor predilección en los países industrializados (FAO, 2008; Mullins *et al.*, 2006). En la zona andina se prefiere el consumo de papa en fresco, en el caso colombiano es el producto agrícola de mayor consumo con 60 kg anuales. Al ser un producto de bajo precio es consumido en altas cantidades por la población de estratos socioeconómicos menos favorecidos. Cerca de 250 municipios de las zonas frías del país producen papa durante todo el año en aproximadamente 130.000 hectáreas, generando 77.369 empleos directos y 232.108 empleos indirectos según el consejo nacional de la papa (FEDEPAPA, s.f). Cerca de 90.000 familias están involucradas en la producción comercial de papa y ven afectado su sustento por las pérdidas económicas que generan el ataque de plagas al cultivo.

3.1.2 Plagas de importancia económica y estrategias de control. Las plagas de mayor afectación económica en Colombia para el cultivo de papa son los insectos, destacándose la Polilla Guatemalteca (*Tecia solanivora*) que llegó al país en el año 1983 proveniente de una importación venezolana, se estableció en la zona papera de Norte de Santander y de allí se dispersó por las diferentes regiones productoras (Villanueva y Saldamando, 2013), ocasiona altas pérdidas afectando al cultivo en campo como en la etapa de almacenamiento (Quiroga *et al.*, 2011). Se ha determinado que a mayor altura sobre el nivel del mar el ciclo de vida de este insecto es más largo y en el cultivo las condiciones secas favorecen su desarrollo y dispersión. El ciclo de vida de esta plaga tiene cuatro estados principalmente: adulto, huevo, larva y pupa; el adulto es una pequeña mariposa, las hembras generalmente son de mayor tamaño que los machos y se caracterizan por ser muy activos en la noche. Las hembras comienzan la copulación al día siguiente de su nacimiento y depositan los huevos en sitios cercanos a los tubérculos o sobre ellos, posteriormente los huevos se convierten en larvas y es allí donde la polilla causa daño a la papa comiéndose su interior, inicialmente hace galerías superficiales por donde ingresa al tubérculo y lo barrena, tras su paso deja

excrementos que pueden causar la pudrición parcial o total de la papa inhabilitándola tanto para el consumo humano como animal (Bosa *et al.*, 2008; Rincón y García, 2007; Vargas *et al.*, 2004).

Entre los agricultores se ha creado un ambiente de descontento en los últimos años a raíz de los altos precios de los agroquímicos, que elevan los costos de producción y disminuyen las utilidades (Villanueva y Saldamando, 2013), además se ha determinado que para el control de plagas uno de los métodos más efectivos y reconocidos por el productor es el control químico, en algunos casos utilizado de forma exagerada. Por ejemplo, para el control de la polilla guatemalteca estudios señalan que realizan entre 12 a 24 aplicaciones de productos químicos por ciclo del cultivo, esta situación conlleva a una alta demanda de plaguicidas químicos en la papa, representados en cerca del 12% del consumo nacional (Villanueva y Saldamando, 2013). El uso desmedido de estos productos genera un alto riesgo para la salud del productor, su familia y los consumidores; además de una alta contaminación ambiental que se traduce en la eliminación de micro y macro-organismos benéficos, contaminación de ecosistemas acuáticos, efecto de resistencia en las plagas, entre otros (Reyes *et al.*, 2010). Desde el siglo antepasado se ha contemplado el uso de herramientas biotecnológicas para el control de insectos plaga como una posibilidad para hacer frente al efecto nocivo de sus ataques a los cultivos (Rosas, 2014; Villanueva *et al.*, 2014; Villanueva y Saldamando, 2013; FAO, 2008; Bosa *et al.*, 2008; Valderrama *et al.*, 2007).

3.1.3 Organismos genéticamente modificados. Los principales cultivos a los que se les están aplicando la tecnología transgénica o de modificación genética en el mundo son maíz, algodón, colza, y soya, se han dirigido investigaciones en cuanto a resistencia a insectos, a herbicidas (Van *et al.*, 2016; Zhen *et al.*, 2015; Huang *et al.*, 2015; Ren *et al.*, 2015; Sohrab *et al.*, 2014; Kumar *et al.*, 2007; Eapen, 2007; Torney, 2007) así, para el 2012 se registraron 170,3 millones de hectáreas con estos cultivos a nivel mundial (Reyes *et al.*, 2010).

En el caso latinoamericano Perú registra investigaciones en papa mejorada genéticamente con acción a insectos y nematodos, en el distrito de Huasahuasi, región Junín (Diez *et al.*, 2013) Brasil y Argentina registran investigaciones en soya modificada genéticamente o transgénica (Gutman y Lavarello, 2009)

En Colombia, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), junto con la Universidad Nacional de Colombia con sus sedes de Bogotá y Medellín, la Corporación para Investigaciones Biológicas (CIB), el Centro Nacional de Investigaciones en Café (CENICAFE) (Acuña *et al.*, 2012), el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (CENICAÑA) y la Corporación Colombiana

de Investigaciones Agropecuarias (CORPOICA), han adelantado estudios para aplicar la tecnología de modificación genética a cultivos: yuca, frijol, arroz, caña, café, papa y algodón.

La investigación para desarrollar variedades genéticamente modificadas de papa, se ha adelantado desde 1996, bajo la figura de convenios o acuerdos con CORPOICA, el Centro Virtual de Investigación de la Cadena Agroalimentaria de la Papa (CEVIPAPA), la Federación Colombiana de Productores de Papa (FEDEPAPA), Secretaria de Agricultura de Antioquia, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), los cuales fueron tramitados ante el ICA, como autoridad nacional competente (Hincapié y Chaparro, 2014).

Recientemente, estudios realizados por la Universidad Nacional y la CIB de Medellín desarrollaron sintéticamente un gen para el control de polilla guatemalteca haciendo uso de los genes *Cry* de *Bacillus thuringiensis* por el efecto tóxico de las proteínas producidas contra este tipo de plaga (Calle, 2011).

3.1.4 Control biológico. Esta alternativa de control ha tenido en los últimos años gran auge a causa de la naciente orientación ecológica y sustentable de la agricultura (Martínez y Cerón, 2004), es posiblemente la herramienta de más perspectiva dentro del manejo de plagas, dadas las ventajas comparativas que ofrece frente a otros métodos de control químico, minimizando los riesgos sobre el uso de plaguicidas (Martínez y Gómez, 2007).

La investigación mundial sobre este método de control ha contado con grandes avances y se ha dirigido no solamente a la producción agrícola para uso alimentario, sino también a la producción forestal y de flores (Lenaerts *et al.*, 2015; Murray y Mansfield, 2015; Guzmán *et al.*, 2015; Lou *et al.*, 2014; Zhou *et al.*, 2014; Llorent *et al.*, 2014; Yang *et al.*, 2014).

Para el caso de la polilla guatemalteca se han adelantado a nivel nacional varios trabajos enfocados a la identificación, caracterización y evaluación biológica de Baculovirus (*Baculoviridae*), entre 2004 y 2005 se evaluaron diferentes aislamientos de Baculovirus del género *Graulovirus* nativos colectados en Norte de Santander, Cundinamarca y Nariño (Villanueva y Saldamando, 2013). Además, la investigación se ha dirigido en la búsqueda de controladores biológicos como es el caso del parasitoide *Trichogramma lopezandinensis* o el uso ya mencionado de Baculovirus, un bioplaguicida que actualmente es producido por el Laboratorio de Control Biológico del Centro de Biotecnología y Bioindustria de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica (CORPOICA, 2012).

A la fecha no se ha logrado establecer un método de control biológico efectivo que supere o iguale el control de los productos de síntesis química. De allí, surge la necesidad de buscar nuevas alternativas de control biológico que permitan aumentar la eficacia en el control de las plagas y sean parte de un paquete tecnológico ambiental y económicamente sustentable para el cultivo de la papa en Colombia (CORPOICA, 2012). Así mismo es necesario hacer evaluaciones con las poblaciones adoptantes de este tipo de tecnologías para conocer los impactos de su posible adopción.

3.1.5 Adopción tecnológica. La capacidad y grado de adopción que tenga un productor agrícola frente a una nueva tecnología está determinada por el impacto positivo o negativo que esta le genere. Las consideraciones sobre la adopción de tecnología genética en cultivos agrícolas involucran varios aspectos como seguridad alimentaria, seguridad del alimento, seguridad ambiental, así como implicaciones éticas, culturales sociales y económicas. Por tal razón para la toma de decisiones en relación a su utilización deben considerarse aspectos técnicos, ecológicos, éticos, sociales, legales, culturales y económicos (Hodson *et al.*, 2012).

Un estudio de los aspectos económicos proporciona información sobre las variaciones en producción y productividad, precios, costos de producción y beneficios económicos que perciben los productores y compradores involucrados con la adopción de una nueva tecnología y la distribución de los mismos según grupos sociales, zonas geográficas y tipos de sistemas productivos. Adicionalmente la evaluación del cambio en aspectos técnicos permite evidenciar los cambios que se generan a nivel de prácticas tradicionales para el agricultor y que suponen un impacto social de su comportamiento y modo de acción en las actividades productivas (Rivas, 2002).

Usualmente este tipo de evaluaciones cuentan con dos áreas importantes de acción: evaluación ex –ante del impacto y evaluación ex –post. La evaluación ex –ante mide el impacto potencial o futuro de las alternativas de investigación, está basada en la simulación de escenarios futuros utilizando información sobre cambios en la productividad, costos de producción, magnitud de las áreas impactadas con el cambio tecnológico, probabilidad de éxito de la investigación, velocidad de difusión y la duración del proceso investigativo; toda esta información se obtiene de fuentes primarias de información. Este tipo de investigación plantea dos tipos de escenarios: con y sin investigación; en el primero se simulan las condiciones de producción y adopción que se darían si la innovación tecnológica es desarrollada y aprobada por el productor, el segundo escenario se muestra las tendencias que seguiría la producción, productividad y demanda sino hay innovaciones tecnológicas. De la

comparación de estos dos escenarios se obtiene el impacto potencial que tendría la tecnología evaluada (Adiyoga y Norton, 2009).

Por otro lado la evaluación ex –post evalúa el impacto de los productos tecnológicos que ya han sido liberados y adoptados. La información necesaria para llevar a cabo este tipo de investigación es la misma mencionada anteriormente para la evaluación ex –ante pero en este caso se obtiene de estudios de campo que mide la adopción real (Rivas, 2002; Adiyoga y Norton, 2009).

Estudios como el de Jare *et al.*, (2013) adoptan este tipo de modelos de evaluación ex – ante, para evaluar diferentes variedades de canola consideradas como técnica y comercialmente viables y con diferentes rasgos clasificados de acuerdo a su tolerancia o resistencia a condiciones ambientales o biológicas adversas. Los resultados reflejaron beneficios económicos significativos con el uso de variedades eficientes en el uso de nitrógeno, agua, así como algunas resistentes a insectos y tolerantes a frío. Estos resultados permitieron tomar decisiones para la liberación de variedades en Canadá.

En el libro “*Economic and Environmental Benefits and Cost of Transgenic Crops: ex-ante assessment*” se recopila una serie de trabajos donde se refleja la importancia y los diferentes cultivos tales como, garbanzo, arroz, berenjena, donde se ha aplicado este tipo de evaluaciones ex- ante para definir los posibles beneficios económicos y costos que un productor puede experimentar si adopta la innovación tecnológica y así mismo identifica los beneficios a la sociedad (Ramamy *et al.*, 2007).

3.1.6 Métodos de evaluación para innovaciones tecnológicas. Diferentes tipos de metodologías se han utilizado para evaluar tecnologías antes de ser transferidas al productor. El método de presupuestos parciales ha sido ampliamente empleado para hacer comparaciones económicas de la producción convencional frente a una transferencia tecnológica (Rivas y Herrera, 2003; Barungi *et al.*, 2013). Para hacer proyecciones económicas de los posibles beneficios de dicha transferencia, se ha implementado el uso del modelo de excedentes (Krishna *et al.*, 2008; Shiferaw *et al.*, 2008); sin embargo estos métodos se limitan en el sentido que solo evalúan el ámbito económico. Para las evaluaciones de características sociales o datos cualitativos se ha utilizado los modelos de regresión logística y lineal como medio para correlacionar variables y definir probabilidades de adopción. Se han tomado dos de estos métodos como referente para ser analizados a continuación.

3.1.6.1 Presupuestos parciales. Es un método que permite evaluar el impacto de cambios puntuales en el proceso productivo sobre los costos y los ingresos de los productores. En este sentido su aplicación ha sido amplia y variada al rededor del mundo. En el caso de la producción de algodón en India se utilizó para comparar la rentabilidad del cultivo tradicional y del algodón Bt, a través de esta investigación pudo concluirse que el algodón Bt disminuía las pérdidas por ataque del gusano del algodón que es la plaga de mayor afectación en la India, en consecuencia los productores tendrían un aumento de 40,4% en sus ingresos (Mal *et al.*, 2010).

En Uganda el método de presupuestos parciales fue aplicado para evaluar la rentabilidad de la gestión sostenible de la tecnología de la tierra como medio para controlar la erosión; esta investigación demostró a pesar de la alta inversión, los rendimientos del suelo generan altos ingresos, de esta manera por cada dólar invertido el productor ugandés recibe de retorno 15 dólares (Barungi, 2013).

3.1.6.2 Modelo de regresión logística. Este modelo es utilizado ampliamente en investigación de carácter social puesto que relaciona características cualitativas a partir de las cuales se pueden determinar probabilidades. La caracterización de productores agrícolas ha utilizado este método como forma de comparación y explicar algunos comportamientos. En Murcia-España se tuvieron en cuenta el profesionalismo de productores ecológicos, su grado de conciencia frente al medio ambiente y el interés en las políticas de fomento a la producción orgánica. El modelo de regresión logística aplicado permitió determinar que la probabilidad de pertenecer al grupo de productores ambientalmente conscientes aumenta entre las personas que dan más importancia a su convicción de producir ecológicamente (Martínez, 2009).

En San Juan Argentina, se estudió el periodo crítico de competencia de las malezas anuales y perennes en tomate. Las variables tenidas en cuenta fueron peso seco aéreo y radical del tomate, peso seco aéreo y frecuencia de las malezas; el estudio permitió identificar que el peso seco aéreo del tomate disminuye considerablemente a partir de los 30 días de interferencia de las malezas (D'Antoni, 2012).

3.2 MARCO CONCEPTUAL

3.2.1 Organismos genéticamente modificados. Se definen como aquellos organismos a los que se transfiere uno o varios genes o fragmentos de ADN de diferente origen, con el objetivo de suministrar una o más características nuevas a las variedades convencionales, generando así las plantas transgénicas (Reyes *et al.*, 2010).

3.2.2 Control biológico. Es el uso de los organismos vivos y sustancias para suprimir una población específica de organismos, por lo que es menos abundante o menos perjudicial de lo que debería ser (Eilenberg *et al.*, 2001).

3.2.3 Muestreo aleatorio estratificado. El muestreo estratificado consiste en clasificar primero los elementos de la población en grupos que no se intersecten entre sí, y de estos grupos o estratos seleccionar una muestra aleatoria que contenga al menos un elemento de cada estrato. Debe procurarse que los elementos de cada estrato sean homogéneos y que se diferencien de los elementos de los otros estratos; estos estratos pueden reflejar regiones geográficas de un país, clases sociales dentro de una ciudad, etc. (Ordoñez, s.f)

3.2.4 Presupuestos parciales. Es un método de evaluación económica frente a cambios en el sistema, se denomina parcial porque no tiene en cuenta todos los costos de producción sino solamente los que experimentan alguna variación al comparar las practicas actuales del productor frente a las posibles prácticas que la nueva tecnología exija (Horton, 1982; Diez *et al*, 2013). Igualmente solo se evalúan los ingresos que tienen cambios marginales derivados de la introducción de la tecnología, esto hace que sea un método más ágil que el presupuesto total, ya que no evalúa todo el proceso, ni todo el sistema productivo (Diez *et al*, 2013).

3.3 MARCO LEGAL

Según la FAO, 2010). Los productos resultantes de la transformación genética deben ser seguros para el productor, consumidor y para el medio ambiente, para esto se han desarrollado estrategias que regulan el uso y aplicación de los organismos genéticamente modificados, con el fin de obtener los máximos beneficios sociales de su utilización.

De acuerdo con el manual Instrumentos de la FAO (2007) sobre Bioseguridad, la bioseguridad se define como “Un enfoque estratégico e integrado que engloba los marcos normativos y reglamentarios para el análisis y la gestión de los riesgos relativos a la vida y la salud de las personas, los animales y las plantas y los riesgos asociados para el medio ambiente. Abarca la inocuidad de los alimentos, las zoonosis, la introducción de plagas y enfermedades de los animales y las plantas, la introducción y liberación de organismos genéticamente modificados y sus productos, y la introducción y gestión de especies exóticas invasivas”. A partir de esto se puede entender que la bioseguridad es un concepto global que se vincula directamente con la sostenibilidad de la actividad agrícola y que propende por la protección de la salud pública y el medioambiente.

En el contexto de la bioseguridad se cuenta al menos con 15 instrumentos internacionales, que cuentan con el carácter de vinculantes para los países que los han ratificado, estos son: la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (1982), el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB, 1992), el Acuerdo de la Organización Mundial del Comercio (OMC) sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (Acuerdo MSF, 1995), el Acuerdo de la OMC sobre Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC, 1994), la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF, 1997), la Convención de Aarhus (1998) y el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología (2000) (FAO, 2007).

Adicional a estos instrumentos, en términos de seguridad de las aplicaciones de la biotecnología moderna se cuenta con el Protocolo de Cartagena de bioseguridad del que Colombia es signatario y aprobó mediante la Ley 740 de 2002. El protocolo tiene como objetivo garantizar un nivel adecuado de protección para la transferencia, uso y aplicación segura de los organismos modificados genéticamente que puedan tener efectos adversos en la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, o sobre la salud humana.

“Colombia también hace parte de varios convenios y acuerdos internacionales y regionales en lo referente a derechos de propiedad intelectual y otros aspectos relacionados como comercio, acceso a recursos genéticos y biodiversidad tales como la Organización Mundial del Comercio (OMC-WTO);

el Acuerdo de París; el Acuerdo General sobre Aranceles y Comercio GATT; el Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales UPOV; el Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (SPS); el Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio; la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria; el Codex Alimentarius FAO-OMS; la Convención de Aarhus entre otros. Por ser miembro de la Comunidad Andina de Naciones CAN (anterior Pacto Andino), se rige en aspectos normativos relacionados con biotecnología y áreas afines por los acuerdos emanados: decisiones de 345 (UPOV), 391 (acceso a recursos genéticos), 486 (propiedad industrial). 523 (estrategia regional de Biodiversidad)” (Hodson y Carrizosa 2007)

Finalmente, las actividades con organismos vivos modificados para uso agrícola en Colombia están reglamentadas mediante el decreto 4525 de 2005, que determina que el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) es la autoridad nacional competente en el tema, y es asesorada por un comité nacional de bioseguridad en el que participan además, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Salud y Protección Social, y el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - COLCIENCIAS (Hincapié y Chaparro, 2014).

4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es tipo exploratorio – descriptivo. Es exploratoria porque se efectúa sobre un tema poco estudiado en Colombia e inexistente en el sector papicultor, es decir se pretende suministrar una primera visión acerca del potencial de los pequeños productores para adoptar agrobiotecnologías. Es de tipo descriptivo porque permite especificar las características y perfiles de los productores para luego describir, analizar e interpretar las características con respecto a su potencial de adopción (Grajales, 2000).

4.2 MÉTODO

El método empleado en la investigación es el método inductivo, puesto que permite generalizar a partir de casos particulares y contribuye al conocimiento de las realidades estudiadas, en este sentido el objeto de estudio puede ser entendido explicado y pronosticado sin que ocurra aun, además puede ser estudiado analítica o comparativamente (Abreu, 2014).

4.3 POBLACIÓN Y TAMAÑO DE LA MUESTRA

El proceso de recolección de información primaria para determinar la población se llevó a cabo con las alcaldías municipales de Villapinzón, Ventaquemada y Tunja, con organizaciones productivas regionales como la Central Cooperativa de Productores de Papa de Boyacá (COPABOY), municipales como la Cooperativa Integral de Productores de Papa de Ventaquemada (COMPAIVEN) y con los presidentes de las Juntas de Acción Comunal de las veredas, excluyendo a los productores de papa criolla; se pudo definir una población total de 5.029 productores en los tres municipios de los cuales el 76,66% es decir 3.855 corresponde a pequeños productores, a partir de esta información se estimó el tamaño de la muestra empleando la técnica de muestreo probabilístico estratificado, con un nivel de confianza de 95% y un margen de error de 8,2%. De manera que se obtuvo tres estratos (pequeños, medianos y grandes productores), entre los cuales para efectos del presente

estudio se consideró a los pequeños productores - PP (hasta 30 cargas de papa sembradas en el último ciclo productivo) para finalmente obtener una muestra de 207 PP en los tres municipios.

4.4 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para el desarrollo de esta etapa se diseñó el instrumento para toma de información socio-económica que consistió en una encuesta semiestructurada de respuestas cerradas que contemplo cuatro aspectos principales como son la caracterización del productor, estructura agraria, caracterización del sistema productivo y estructura de costos (Rojas, 1998; Martínez *et al.*, 2009). Respecto a la caracterización del productor se contemplaron aspectos generales como composición familiar, experiencia productiva, grado de escolaridad, edad, vinculación con organizaciones productivas. En el caso de la estructura agraria se incluyeron factores como tipo de tenencia de la tierra, tamaño de la finca, mano de obra; para la caracterización del sistema productivo se consideró variedades empleadas, manejo agronómico para control de polilla guatemalteca-PG, rendimientos e ingresos (Diez *et al.*, 2013). La estructura de costos recogió la información económica correspondiente a los costos de producción del último ciclo productivo llevado a cabo. La encuesta se realizó en 35 veredas de los tres municipios, mediante la técnica “face to face” con los PP de acuerdo a la muestra establecida, cada entrevista tomó aproximadamente 60 minutos (Arshad *et al.*, 2009; Zangeneh *et al.*, 2010).

4.5 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La información fue analizada de manera tal que se alcanzaran cada uno de los objetivos específicos planteados. Inicialmente, se presenta la caracterización del productor y el sistema productivo. En seguida se muestran los resultados del análisis económico realizado a la posible adopción del paquete biotecnológico, para finalmente concluir con la aplicación de un modelo econométrico que permitió dar un soporte estadístico a la información recolectada.

En lo concerniente a 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. Adicionalmente y teniendo en cuenta que

el paquete biotecnológico comprende la posible liberación comercial de una semilla modificada genéticamente (semilla GM), para determinar diferencias entre los productores que siembran determinada variedad y los que quisieran sembrar una que reduzca las pérdidas por ataque de plagas se usó una prueba de diferencia de proporciones, se juzgó el siguiente sistema de hipótesis $H_0:p_1=p_2$; $H_1:p_1\neq p_2$ a un nivel de significancia del 5% usando el test de chi-cuadrado.

Con ánimo de determinar los efectos marginales de cambios tecnológicos 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 usada tradicionalmente por los agricultores. Adicionalmente, 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.*, 1998).

Para la aplicación de este modelo y teniendo en cuenta que corresponde a un análisis económico se deflactó los valores a precios económicos de acuerdo al precio cuenta para la producción de papa del Departamento Nacional de Planeación (1990) correspondiente a 0,91. Este factor fue utilizado en todo el análisis económico de la posible adopción tecnológica y puede incurrir en que información presentada en otros apartes de la investigación varié.

En el modelo de presupuestos parciales se planteó tres escenarios para la posible adopción tecnológica de la semilla GM y el control biológico. 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 plagas, 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).

Tabla 1. Parámetros tenidos en cuenta en los tres escenarios planteados para análisis de presupuestos parciales de la posible adopción de semilla genéticamente modificada.

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

Para el control biológico 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 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.

Teniendo en cuenta que la investigación en evaluaciones ex ante de innovaciones en control biológico es escasa, los ítems económicos fueron planteados teniendo en cuenta otros estudios e información de fuentes secundarias. La reducción en los costos de insumos para manejo fitosanitario se establecieron de acuerdo a lo planteado por Thakore (2006), el precio del control biológico 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).

Tabla 2. Parámetros tenidos en cuenta en los escenarios planteados para análisis de presupuestos parciales de la posible adopción de control biológico.

Parámetro	1	2	3	4
Costo del controlador 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%

Dentro del análisis económico, como una contribución adicional de la investigación y teniendo en cuenta la cantidad y veracidad de la información

recolectada en campo se estableció la estructura de costos totales para los PP de los tres municipios estudiados.

Finalmente, para determinar la probabilidad de adopción del paquete biotecnológico se utilizó el modelo de regresión logística. En la tabla 3 se especifican las variables socioeconómicas evaluadas con la técnica seleccionada. El análisis de los datos fue hecho en el paquete estadístico R versión 3.0.0, programa de uso libre R Core Team.

Tabla 3. Características del modelo de regresión logística aplicado al estudio.

Especificación del modelo de regresión logística	
<i>Variable respuesta:</i> Y=1 corresponde a cuando el productor adopta una alternativa biológica o genética, y Y=0, si opta por alternativa cultural, física, química, mecánica o no está dispuesto a probar nuevas alternativas.	
<i>Variables explicativas:</i>	
X1 : Edad	X6: Vinculación a organizaciones
X2: Experiencia	X7.: Asistencia técnica
X3: Ingreso	X8: Tenencia de la tierra
X4:Sexo	X9:Tipo de semilla usada
X5: Escolaridad	X10: Conocimiento de otros métodos de control
Predictor lineal: $\eta_j = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_j X_{ij} + \dots + \beta_k X_{ik}$	
<i>Función de enlace:</i> Función logit, a partir de la cual se tiene que:	
$P(Y = 1) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_j X_{ij} + \dots + \beta_k X_{ik})}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_j X_{ij} + \dots + \beta_k X_{ik})}, \quad i=1, \dots, 207; j=1, \dots, 10$	

5. RESULTADOS

5.1 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PAPA DE VILLAPINZÓN, VENTAQUEMADA Y TUNJA.

A través de la aplicación de la encuesta a los 207 pequeños productores -PP de papa en los tres municipios, se encontró que esta actividad es desarrollada por personas con una edad promedio de 48 años es decir población adulta que se involucró en esta labor a temprana edad, evidenciado en una experiencia media de 26 años (Tabla 4). Los hombres predominan en el ejercicio de esta labor, siendo el 96% de la población estudiada.

Tabla 4. Características socioeconómicas de los pequeños productores de papa de Villapinzón, Ventaquemada y Tunja.

Variable	Media	Mediana	Desviación estándar	Coef. variación	Coef. asimetría	Coef. apuntamiento
Edad (Años)	48.12	47	14.43	0.30	0.11	-0.60
Experiencia (Años)	26.19	20	15.46	0.59	0.48	-0.49
Ingresos (Pesos)	\$ 9.074.773	\$7.200.000	\$6.994.513	0.77	1.57	2.92

La totalidad de productores encuestados manifestó dedicarse a las labores agrícolas, entre ellas el cultivo de papa como principal actividad económica, destinando en promedio 1,4 ha para la siembra de alrededor de 15 cargas, de dicha actividad se obtiene el sustento propio y el de sus familias. Estas compuestas en promedio por 4 integrantes.

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.

En cuanto a la tenencia de la tierra se determinó que la siembra de papa en terreno propio es la más recurrente en los tres municipios con 43,5% de la población estudiada, seguida por la siembra en terreno en arriendo con 41,1%, la siembra en sociedad con otros agricultores (también llamada compañía)

tiene una participación del 14,5% de los agricultores encuestados y 1% siembran en terrenos bajo la modalidad de empeño.

De otra parte, los resultados muestran que el 21,2% de la población se encuentran vinculada organizaciones del sector papicultor (Tabla 5), el tiempo de vinculación promedio a estas es 6,2 años; de los productores organizados en estas entidades entre el 25% y 35% han recibido de estas algún tipo de transferencia tecnológica para su cultivo.

Tabla 5. Vinculación de los pequeños productores de papa de Villapinzón, Ventaquemada y Tunja a organizaciones productivas

Tipo de organización productiva	Productores vinculados (%)
Federación	11,1
Asociación	5,8
Cooperativa	4,3
Ninguna	78,7

En el aspecto relacionado con asistencia técnica, el 62% de los productores de los tres municipios manifestó no recibir ningún tipo de asistencia técnica para el manejo del cultivo de papa, mientras 27% de los productores que manifestaron que si reciben asistencia técnica corresponde a asistencia dirigida al uso de agroquímicos adquiridos en las casas comerciales y agrónomos particulares que son consultados por cuenta del pequeño productor (Tabla 6).

Tabla 6. Tipo de asistencia técnica recibida por los pequeños productores de papa de Villapinzón, Ventaquemada y Tunja.

Tipo de asistencia técnica	Productores (%)
Ninguna	62,3
Casa Comercial	15,5
Particular	11,6
Umata	6,3
Organizaciones Productivas	4,3

5.2 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE PAPA DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE VILLAPINZÓN, VENTAQUEMADA Y TUNJA

Los aspectos que se consideraron 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 los métodos empleados por los productores para el control de PG y su disposición para probar métodos alternativos para el manejo de estas plagas.

De esta manera se determinó que el 85% de los PP de los tres municipios utilizaron en la última siembra semilla propia, es decir, destinaron una parte de la última cosecha como semilla para dicha siembra, el 61% de los productores manifestó llevar a cabo esta práctica por el ahorro en el costo de semilla. Del 15% de productores que utilizó semilla certificada, el 94% justifica su uso por el mayor rendimiento que percibe de esta. Adicionalmente se resalta que el 97% de los PP que utilizan semilla propia estarían dispuestos a sembrar semilla certificada, de estos el 91% justifican esta posible decisión en el aumento del rendimiento que atribuyen a la semilla certificada.

El 87% de los productores tienen como fuentes de semilla la cosecha propia y las fincas vecinas, a las que manifiestan acudir cuando ven la necesidad de cambiar la semilla que han utilizado por varios ciclos productivos y como fuente para acceder a la primera cosecha de semilla certificada a un menor costo que en casas comerciales.

Referente al destino del 90% de la producción que es destinada para la venta el 47% de los PP de los tres municipios vende la cosecha exclusivamente al intermediario mayorista, quien compra directamente en el predio del productor evitando el traslado de la cosecha hasta los centros urbanos. Corabastos en la ciudad de Bogotá es el único destino de la producción del 17% de los productores encuestados, seguido por la plaza de mercado del municipio de Tunja con el 11%. El 6% vende la papa en el centro de acopio del municipio de Villapinzón. Los demás productores encuestados no tienen un comprador exclusivo para su producción y utilizan diferentes canales de comercialización en cada cosecha. Según los datos obtenidos de la última cosecha vendida por los PP, el precio promedio obtenido por carga fue de \$46.541.

La diversificación del cultivo de papa durante el ciclo productivo con otros cultivos como maíz, arveja y frijol no es una práctica masiva en estos tres municipios, así lo ratifica el 90% de la población encuestada quien no realiza esta práctica. Del 10% de productores que si hacen diversificación de su cultivo el 65% estaría dispuesto a cambiar esta práctica por la siembra de papa

únicamente, si así lo requiere una nueva tecnología implementada para un mismo período de cultivo.

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 Superior y Marengo. Sin embargo, el 98% de los PP estarían dispuestos a sembrar una variedad que reduzca las pérdidas por ataque de plagas, bajo este escenario, el 61% se inclina por las variedades Pastusa Superior, Diacol Capiro, Pastusa Suprema y Parda Pastusa (Tabla 7).

Tabla 7. Variedad sembrada en el último ciclo productivo y variedad deseada por los pequeños productores en los municipios de Villapinzón, Ventaquemada y Tunja

Variedad	Productores que siembran esta variedad (%)	Productores que desean sembrar esta variedad (%)
Diacol capiro - R12	18	24
Betina	14	7
Pastusa superior	13	28
Marengo	13	2
Pastusa suprema	9	11
Ica única	9	2
Rubí	9	6
Ica Huila	9	9
Parda pastusa	5	10
Tuquerreña	1	0

De acuerdo a la información recopilada (tabla 7) y luego de aplicar el test de diferencia de proporciones a un nivel de significancia del 5% se determinó que se rechaza H_0 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 (Tabla 8).

Tabla 8. Test de diferencia de proporciones entre variedades de papa sembradas y las que desean sembrar los pequeños productores de Villapinzón, Ventaquemada y Tunja

Variedad	χ^2	P-valor
-----------------	----------------------------	----------------

Marengo	18.4457	1.748e ⁻⁰⁵
Pastusa superior	14.2269	0.0002
Ica única	10.3581	0.0013
Betina	5.8390	0.01567
Parda pastusa	4.2192	0.0399
Diacol capiro - R12	2.4593	0.1168
Tuquerreña	2.0097	0.1563
Rubí	1.7086	0.1912
Pastusa suprema	0.4240	0.5150
Ica Huila	0	1

Ante una variedad de papa con mayor resistencia al ataque de PG, el 97% de los productores estaría dispuesto a pagar un precio mayor al pagado actualmente por carga de semilla. Según la información recolectada en los tres municipios, los PP estarían dispuestos a pagar en promedio \$81.692 pesos por carga. Adicionalmente, el 86% cambiarían alguna técnica de siembra si dicha variedad lo requiere.

Estas opiniones están relacionadas con las pérdidas que genera la presencia de esta plaga durante el ciclo productivo. De manera que para la población encuestada se encontró que el ataque de PG ocasionó pérdidas promedio en la última cosecha de 16%.

El 99,5% de los agricultores implementan como método de control el químico mientras el 0,5% restante combinan el método químico con el mecánico. Los resultados evidenciaron que durante el ciclo productivo para el control de estas plagas se llevan a cabo en promedio 3,7 aplicaciones, también llamadas por los agricultores “chuntaquiadas” o “inyectadas” y por cada aplicación se emplean en promedio 8,2 jornales.

Como consecuencia del alto uso de agroquímicos el 31% de la población estudiada manifestó presentar algún grado de afectación a su salud, de estos el 41% ha sufrido de intoxicación. La recurrencia en el uso de productos químicos radica en que el 65% de los productores no conoce otros métodos para el control de plagas, del 35% de la población que si conoce otros métodos el 68% los probó en sus sistemas productivos, pero el 57% de ellos no consideran favorables los resultados obtenidos con estos métodos.

Finalmente se determinó que el 98% de los productores están dispuestos a probar nuevos métodos de control que disminuyan las pérdidas actuales por el ataque de las plagas mencionadas y de estos, el 90,6% están en la disposición de probar en su sistema productivo métodos de control genéticos y biológicos (Tabla 9).

Tabla 9. Porcentaje de pequeños productores de papa de Villapinzón Ventaquemada y Tunja dispuestos a implementar los métodos de control propuestos o sus combinaciones para el control de Polilla Guatemalteca.

Métodos	Productores dispuestos a probar el método (%)
Genético y Biológico	62,9
Solamente Genético	14,4
Solamente Biológico	13,4
Químico y Genético	2,5
Genético y Mecánico	2,0
Solamente Químico	2,0
Solamente Cultural	1,0
Químico y Biológico	1,0
Solamente Físico	0,5
Cultural y Biológico	0,5

5.3 APLICACIÓN DEL MODELO DE PRESUPUESTOS PARCIALES

Con la aplicación metodológica del presupuesto parcial se estudiaron los ítems que sufren alguna variación tras la posible adopción tecnológica. Costos como uso de fertilizantes, insumos para manejo de enfermedades y plagas diferentes a las objeto de este estudio, mano de obra no fueron tenidos en cuenta una vez que permanecen constantes tras la posible adopción tecnológica.

5.3.1 Variación de la estructura de costos para posible adopción tecnológica de semilla mejorada. Como se mencionó anteriormente se tuvo en cuenta dos estudios como referente de los posibles escenarios que se generarían con la liberación de la semilla genéticamente modificada; se evidenció que el costo de mayor participación para los PP de los tres municipios, antes y después de la posible adopción tecnológica de una semilla GM, 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 10).

Tabla 10. Variación de los costos 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

Detalle de costos por ítem	Convencional		Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3	
	Costo (pesos \$)	%						
Material Vegetativo	622.390	43,62	933.585	55,61	684.629	56,93	809.107	60,45
Manejo Fitosanitario	611.713	42,87	513.839	30,61	305.857	25,43	305.857	22,85
Empaque	192.747	13,51	231.296	13,78	212.021	17,63	223.586	16,70
Total	1.426.850	100	1.678.720	100	1.202.507	100	1.338.549	100

La tabla 11 muestra los presupuestos parciales que contemplan la variación del ingreso y del costo generado por la posible adopción de una semilla mejorada. La variación del ingreso representa el aumento en la producción como consecuencia de la disminución de pérdidas por ataque de polilla guatemalteca. El aumento en los costos de producción está relacionado directamente con el aumento en el costo de la semilla y en otros costos, puesto que aun cuando los costos de los insumos para manejo fitosanitario disminuyen su participación en los costos de producción totales es menor al costo del material vegetativo; los datos presentados en esta tabla corresponden a la diferencia existente entre los costos del escenario convencional y cada escenario planteado anteriormente. 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.

Tabla 11. Análisis de presupuestos parciales para la adopción tecnológica de semilla de papa genéticamente modificada.

Escenario	Modelo de presupuestos parciales			
	Efectos positivos		Efectos negativos	
	Item	Valor (Pesos)	Item	Valor (Pesos)
1	<i>Disminución del costo</i>		<i>Aumento del costo</i>	
	Reducción del uso plaguicidas	\$ 97.874	Aumento en costo de semilla GM	\$ 311.195
			Aumento del costo de empaque	\$ 38.549
	<i>Aumento del ingreso</i>		<i>Disminución del ingreso</i>	
	Aumento por rendimiento	\$ 1.651.609		0
	Total efectos positivos	\$ 1.749.483	Total efectos negativos	\$ 349.744
	<i>Beneficio Neto</i>		\$ 1.399.739	
	<i>Relación Beneficio Costo</i>		4,0	
2	<i>Disminución del costo</i>		<i>Aumento del costo</i>	
	Reducción del uso plaguicidas	\$ 305.856	Aumento en costo de semilla GM	\$ 62.239
			Aumento del costo de empaque	\$ 19.274
	<i>Aumento del ingreso</i>		<i>Disminución del ingreso</i>	
	Aumento por rendimiento	\$ 825.804		0
	Total efectos positivos	\$ 1.131.660	Total efectos negativos	\$ 81.513
	<i>Beneficio Neto</i>		\$ 1.050.147	
	<i>Relación Beneficio Costo</i>		12,9	

Tabla 11. (Continuación) Análisis de presupuestos parciales para la adopción tecnológica de semilla de papa genéticamente modificada.

Escenario	Modelo de presupuestos parciales			
	Efectos positivos		Efectos negativos	
	Item	Valor (Pesos)	Item	Valor (Pesos)
3	<i>Disminución del costo</i>		<i>Aumento del costo</i>	
	Reducción del uso plaguicidas	\$ 305.856	Aumento en costo de semilla GM	\$ 186.717
			Aumento del costo de empaque	\$ 30.839
	<i>Aumento del ingreso</i>		<i>Disminución del ingreso</i>	
	Aumento en el rendimiento	\$ 1.321.287		0
	Total efectos positivos	\$ 1.627.143	Total efectos negativos	\$ 217.556
	<i>Beneficio Neto</i>		\$ 1.409.587	
<i>Relación Beneficio Costo</i>		6,5		

5.3.2 Variación de la estructura de costos para posible adopción tecnológica de Control biológico - CB. Los dos escenarios planteados para la posible adopción del control biológico 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) para control de PG en papa en condiciones de almacenamiento, el segundo escenario corresponde al estudio de Cuartas *et al.* (2009) en control biológico para papa en condiciones de campo, para cada caso se hicieron los ajustes mencionados en la metodología. La tabla 12 (a y b) muestra que el escenario 1 representa los mayores costos parciales para los productores y que respecto al escenario convencional el escenario 4 refleja los menores costos de producción parciales. 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 13).

Tabla 12a. Variación de los costos de producción de papa por hectárea relacionados con la adopción tecnológica de CB para el control de PG

Detalle de costos por ítem	Convencional		Escenario 1		Escenario 2	
	Costo (pesos \$)	%	Costo (pesos \$)	%	Costo (pesos \$)	%
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
Total	804.460	100	1.266.454	100	1.189.356	100

Tabla 12b. (Continuación) Variación de los costos de producción de papa por hectárea relacionados con la adopción tecnológica de control biológico para el control de Polilla Guatemalteca

Detalle de costos por ítem	Convencional		Escenario 3		Escenario 4	
	Costo (pesos \$)	%	Costo (pesos \$)	%	Costo (pesos \$)	%
Costo del producto	0	0	298.744	37,90	298.744	29,63
Manejo Fitosanitario	611.713	76,04	458.785	36,23	458.785	45,51
Empaque	192.747	23,96	338.656	25,87	250.571	24,86
Total	804.460	100	1.096.185	100	1.008.100	100

Tabla 13. Presupuesto parcial para la adopción tecnológica de control biológico para polilla guatemalteca

Escenario	Modelo de presupuestos parciales				
	Efectos positivos		Efectos negativos		
	Item	Valor (Pesos)	Item	Valor (Pesos)	
1	<i>Disminución del costo</i>		<i>Aumento del costo</i>		
		Reducción del uso plaguicidas	\$ 152.928	Aumento en costo de bioplaguicida	\$ 480.000
				Aumento del costo de empaque	\$ 134.923
		<i>Aumento del ingreso</i>		<i>Disminución del ingreso</i>	
		Aumento por rendimiento	\$ 6.352.341		0
		Total efectos positivos	\$ 6.505.269	Total efectos negativos	\$ 614.923
	<i>Beneficio neto</i>		\$ 5.890.346		
	<i>Relación beneficio costo</i>		9,6		

Tabla 13. (Continuación) Presupuesto parcial para la adopción tecnológica de control biológico para polilla guatemalteca

	Efectos positivos		Efectos negativos	
	Item	Valor (Pesos)	Item	Valor (Pesos)
2	<i>Disminución del costo</i>		<i>Aumento del costo</i>	
	Reducción del uso plaguicidas	\$ 152.928	Aumento en costo de bioplaguicida	\$ 480.000
			Aumento del costo de empaque	\$ 57.824
	<i>Aumento del ingreso</i>		<i>Disminución del ingreso</i>	
	Aumento por rendimiento	\$ 2.477.413		0
	Total efectos positivos	\$ 2.630.341	Total efectos negativos	\$ 537.824
	<i>Beneficio neto</i>		\$ 2.092.517	
	<i>Relación beneficio costo</i>		3,9	
3	Efectos positivos		Efectos negativos	
	Item	Valor (Pesos)	Item	Valor (Pesos)
	<i>Disminución del costo</i>		<i>Aumento del costo</i>	
	Reducción del uso plaguicidas	\$ 152.928	Aumento en costo de bioplaguicida	\$ 298.744
			Aumento del costo de empaque	\$ 145.909
	<i>Aumento del ingreso</i>		<i>Disminución del ingreso</i>	
Aumento por rendimiento	\$ 6.251.339		0	
Total efectos positivos	\$ 6.404.267	Total efectos negativos	\$ 444.653	
	<i>Beneficio neto</i>		\$ 5.959.614	
	<i>Relación beneficio costo</i>		13,4	
4	Efectos positivos		Efectos negativos	
	Item	Valor (Pesos)	Item	Valor (Pesos)
	<i>Disminución del costo</i>		<i>Aumento del costo</i>	
	Reducción del uso plaguicidas	\$ 152.928	Aumento en costo de bioplaguicida	\$ 298.744
			Aumento del costo de empaque	\$ 57.824
	<i>Aumento del ingreso</i>		<i>Disminución del ingreso</i>	
Aumento por rendimiento	\$ 2.477.413		0	
Total efectos positivos	\$ 2.630.341	Total efectos negativos	\$ 356.568	
	<i>Beneficio neto</i>		\$ 2.273.773	
	<i>Relación beneficio costo</i>		6,4	

5.3.3 Estructura de costos totales para pequeños productores de papa de los tres municipios periodo 2015- 2016. Como se mencionó anteriormente la estructura de costos totales por hectárea de los PP de papa de los tres municipios constituye una contribución adicional del presente estudio, dentro de los resultados obtenidos se destacan los insumos como el costo de mayor participación con 60,96% de los costos totales dentro de los cuales los insecticidas tienen una participación de 7,2%; seguido de la mano de obra de la cual se debe disponer de alrededor de un 3,0% para la aplicación de los insumos para el control de plagas (Tabla 14). La tabla 15 muestra un resumen de los indicadores económicos más relevantes calculados en el desarrollo de la investigación y que evidencian el panorama de la población estudiada. Como dato para destacar se encontró que los costos de producción totales superan los ingresos promedio de los pequeños productores en los tres municipios y generan pérdidas de \$262.347 por hectárea.

Tabla 14. Estructura de costos por hectárea de los pequeños productores de papa de tres municipios de la región Cundiboyacense para el periodo 2015-2016

Costos de producción por hectárea		
Región: Cundiboyacense		
Cultivo : Papa		
Tipo de productor: Pequeño (≤ 3 ha)		
Periodo: 2015-2016		
Item	V. Total	% Part.
COSTOS DIRECTOS	\$ 8.071.566	95,00%
Mantenimiento del cultivo	\$ 2.891.992	34,04%
Mano de obra labores culturales	\$ 2.638.897	31,06%
Mano de obra control de PG y GB	\$ 253.094	2,98 %
Insumos	\$ 5.179.575	60,96%
Material de propagación	\$ 622.390	7,33%
Abono orgánico	\$ 228.483	2,69%
Fertilizante químico	\$ 1.861.214	21,90%
Fungicidas y herbicidas	\$ 1.663.028	19,57%
Insecticidas PG y GB	\$ 611.713	7,20%
Empaque	\$ 192.747	2,27%
Otros costos	\$ 425.213	5,00%
Otros	\$ 425.213	5,00%
COSTO TOTAL	\$ 8.496.779	100,00%
Rendimiento (Kg/Ha)	19187	
Costo unitario (Kg)	443	

Tabla 15. Resumen de indicadores económicos

Indicador	Valor
Costo de mano de obra (%)	34,04
Costo de insumos para manejo fitosanitario (%)	26,77
Costo de semilla (%)	7,33
Costo de insumos para fertilización (%)	24,59
Rendimiento por hectárea (cargas)	192
Rendimiento por hectárea (Kg)	19.187
Costo de producción por kilogramo (pesos)	\$ 443
Costo de producción por carga (pesos)	\$ 44.283
Costo de producción por hectárea (pesos)	\$ 8.496.779
Ingresos por hectárea (pesos)	\$ 8.258.044

5.4 MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA

En la tabla 16 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 del test 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 16. Descripción bivariada de las variables categóricas tenidas en cuenta en el estudio.

Variable	Productores que prefieren el paquete biotecnológico (%)	Productores que no prefieren el paquete biotecnológico (%)	P- valor
Sexo			0.2271
Hombres (96%)	96,7	91,7	
Mujeres (4%)	3,3	8,3	

Tabla 16. (Continuación) Descripción bivariada de las variables categóricas tenidas en cuenta en el estudio.

Variable	Productores que prefieren el paquete biotecnológico (%)	Productores que no prefieren el paquete biotecnológico (%)	P- valor
<i>Escolaridad</i>			0.8892
Primaria (79,2%)	80,7	78,3	
Secundaria (18,8%)	18,8	21,7	
Técnico (0,5%)	0,6	0	
<i>Asistencia técnica</i>			0.3807
Si recibe (37,7%)	36,6	45,8	
No recibe (62,3%)	63,4	54,2	
<i>Vinculación a organizaciones</i>			0.5589
Vinculado (21,2%)	21,9	16,7	
No vinculado (78,7%)	78,1	83,3	
<i>Uso de semilla</i>			0.0482*
Propia (84,5%)	86,3	70,8	
Certificada (15,5%)	13,7	29,2	
<i>Conocimiento de otros métodos</i>			0.7254
Conoce (34,3%)	33,9	37,5	
No conoce (65,7%)	66,1	62,5	
<i>Tenencia de la tierra</i>			0.9256
Propia (43,5%)	43,2	45,8	
Arriendo (41,1%)	41,5	37,5	
Compañía (14,5%)	14,2	16,7	
Empeño (1%)	1,1	0	

Por otro lado, se encontró que los PP son un grupo homogéneo en cuanto a la edad con promedio de 48 años, mientras para la experiencia no lo son, de manera que el 50% de los encuestados tiene más de 20 años de experiencia como productor de papa. Respecto a los ingresos, los productores son heterogéneos, el 50% de los PP obtuvo en el último ciclo productivo menos de \$7.200.000 y un 25% obtuvo más de \$11.600.000; el valor máximo de los ingresos corresponde a \$39.600.000.

A partir del test de Kruskal-Wallis se determinó la diferencia entre medias según la adopción o no de un paquete biotecnológico, encontrándose que no hubo significancia para la variable edad (p -valor = 0.3091) ni para los ingresos (p -value = 0.5168). Mientras para la experiencia fue significativa al 10% (p -valor = 0.0960), es así como la experiencia promedio de los que adoptarían biotecnologías es de aproximadamente 26 años en cambio de los que no la usarían es de 32 años.

5.4.1 Factores asociados a la adopción biotecnológica – modelo logit. A continuación se presenta el modelo logístico binario. Inicialmente el modelo con todas las variables corresponde al que se presenta en la Tabla 17.

Tabla 17. Resultado del modelo de regresión logística con todas las variables evaluadas.

Variable*	estimate	std. error	z - value	pr(> z)
(Intercept)	6.48E-01	1.63E+00	0.398	0.691
Asistec[T.S]	-2.34E-01	4.89E-01	-0.479	0.632
Conocimiento[T.S]	1.97E-01	5.17E-01	0.381	0.703
Edad	6.64E-03	2.99E-02	0.222	0.825
Escolaridad[T.Sc]	-3.95E-01	6.00E-01	-0.658	0.510
Escolaridad[T.T]	1.39E+01	2.40E+03	0.006	0.995
Experiencia	-3.22E-02	2.81E-02	-1.146	0.252
Ingresos	-4.52E-09	3.41E-08	-0.133	0.894
Organización[T.S]	5.01E-01	6.34E-01	0.79	0.429
Semilla[T.Pr]	8.24E-01	5.76E-01	1.432	0.152
Sexo[T.M]	1.31E+00	9.73E-01	1.348	0.178
Tenencia[T.Arr]	5.04E-02	7.16E-01	0.07	0.944
Tenencia[T.Em]	1.48E+01	1.59E+03	0.009	0.993
Tenencia[T.Pr]	1.97E-01	7.07E-01	0.279	0.780

Desviación nula: 143.22 en 201 Grados de libertad desviación residual: 135.17 en 188 grados de libertad AIC: 163.17. *T.S:Si ; T.Sc:Secundaria; T.T:Tecnico; T.Pr: Propia; T.M: Masculino; T.Arr: Arriendo; T.Em: Empeño

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). Su descripción se muestra en la tabla 18.

Tabla 18. Resultados del modelo de regresión logística

Parámetro	Estimación	Razón de Odds	IC 95% OR		Z valor	Pr(> z)
Intercepto	2.0790	8.00E+00	2.1417	29.8576	3.0930	0.0020 **
Escolaridad[T.SC]	-0.3384	7.13E-01	0.2349	2.1638	-0.5970	0.5503
Escolaridad[T.T]	13.0313	4.56E+05	0.0000	Inf	0.0090	0.9929
Experiencia	-0.0203	9.80E-01	0.9515	1.0092	-1.3510	0.1767
Semilla[T.PR]	0.7604	2.14E+00	0.7654	5.9781	1.4500	0.1470

Codigos de significancia: 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 * 0.1 . 1 (Parametro de dispersión para la familia binomial tomada como 1) Desviación nula: 143.70 en 203 Grados de libertad desviación residual: 139.52 en 199 Grados de libertad (3 Observaciones eliminadas debido a faltantes) AIC: 149.52

Se encontró, por ejemplo, que en un productor medio, es decir, con estudios de primaria, que usa semilla propia y con 20 años de experiencia, la probabilidad de que adopte el paquete biotecnológico es del 91.9%. Se tiene que un productor con estudios de secundaria tiene la misma probabilidad que adopte la biotecnología que uno con estudio de primaria (OR=0.713, IC 95% de 0.23 a 2.16). Por cada año que aumente la experiencia del productor se disminuye en 0.98 veces la probabilidad de usar el paquete biotecnológico. Finalmente, se tiene el mismo riesgo de que un productor que usa semilla propia use el paquete biotecnológico frente a uno que usa semilla certificada (OR=2.14, IC 95% de 0.77 a 5.98).

A partir del test de bondad de ajuste de Hosmer-Lemeshow se obtuvo un p-valor de 0.7346, de manera que se puede afirmar que el modelo se ajusta globalmente bien a los datos, es decir, el modelo descrito en la Tabla 19 describe adecuadamente el comportamiento de los datos.

6. DISCUSIÓN

Tras la aplicación del instrumento de toma de información a la muestra identificada en los tres municipios y el posterior análisis de la información, se encontró que los 207 productores encuestados son una población adulta con una amplia experiencia y dependencia total a la actividad agrícola como única fuente de sustento económico, la vinculación desde temprana edad a la actividad productiva puede ser una causa de que los PP de los tres municipios en su mayoría solo tengan estudios primarios y que algunos de ellos se encuentren en el analfabetismo.

Esta información concuerda con lo registrado en el censo nacional de la papa llevado a cabo en el año 2001, específicamente en los resultados publicados para el municipio de Villapinzón, sin embargo se encontraron variaciones entre la investigación realizada en el 2001 y el presente estudio referentes al acceso a asistencia técnica por parte del productor y la variedad sembrada. Es así, como respecto al acceso a asistencia técnica para el manejo del cultivo de papa el censo registró que el 89,3% de los productores no recibían ningún tipo de asistencia, mientras que esta investigación registra el mismo ítem con 62,32% de población sin acceso a asistencia, a partir de esta información se puede afirmar que el 27% de esta población en el periodo transcurrido entre la toma de información para el censo nacional y la toma de información para la investigación accedió a algún tipo de asistencia técnica para su sistema productivo.

Pese al comportamiento notado, se siguen presentando dificultades al acceso de asistencia técnica y a la vinculación a organizaciones productivas del sector papero que constituyen otra fuente de capacitación y de transferencia tecnológica, de manera que la población continúa desarrollando su labor de manera empírica y muchas veces poniendo en riesgo su salud al desarrollar las labores de forma inadecuada teniendo en cuenta el modo de uso de los agroquímicos.

Dentro de los productores que se encuentran vinculados a estas organizaciones, se observó que es una vinculación reciente en comparación con su amplia experiencia en el sector, adicionalmente porque algunas de estas asociaciones y cooperativas surgen en el marco de recientes movilizaciones nacionales como el paro agrario desarrollado en el 2013. Este panorama refleja un posible limitante al potencial de adopción de los PP teniendo en cuenta que se subutiliza un canal de transferencia masiva de tecnología a los mismos, puesto que solo entre el 25% y 35% de los productores vinculados han recibido algún tipo de transferencia tecnológica de estas organizaciones y que es en esta población la que puede generar mayor

disposición y receptividad para adoptar el paquete biotecnológico completo o alguna de la innovaciones estudiadas.

En lo concerniente a la variedad utilizada, el censo registró que la más sembrada en esta zona era Parda Pastusa (3.719 ha), seguida de Diacol Capiro (495 ha), Ica Puracé (18 ha), Única (17 ha), Ica Morita (13 ha).

El panorama 15 años después refleja que la variedad más sembrada es Diacol Capiro seguida de Betina, Pastusa superior, Marengo y Pastusa Suprema. Se demuestra así que los PP de papa de la zona están adoptando nuevas variedades y convirtiéndolas en las más sembradas como el caso de Betina, Marengo y Pastusa Suprema que han sido liberadas comercialmente por la Universidad Nacional de Colombia en los últimos 13 años (Barrientos y Núñez, 2014), lo que evidencia una buena receptividad de los productores de la región Cundiboyacense por los resultados de las investigaciones académicas de esta universidad, este panorama es positivo en el desarrollo del estudio teniendo en cuenta que la Universidad Nacional es la encargada del desarrollo de la variedad GM y que adicionalmente la variedad Pastusa Suprema que será la utilizada para esta modificación genética se encuentra dentro de las cinco variedades más sembradas en la zona por los PP y cuenta con la característica de ser andro-estéril (López y Chaparro, 2007; Villanueva y Saldamando, 2013), condición que proporciona una opción para la disminución del flujo genético atribuido a los cultivos GM como lo resalta Ortiz (2012), sin embargo señala también el autor que la liberación de un material con modificación genética requiere de diversos análisis entre ellos los medioambientales que evalúen los efectos potencialmente perjudiciales sobre la agrobiodiversidad y la vida silvestre y de esta forma se aclare la percepción de riesgo existente hacia los cultivos GM y pueda aumentarse el potencial de adopción de este tipo de tecnologías.

Los resultados del presente estudio muestran que el uso de semilla propia es recurrente en los PP de los tres municipios entre otras por el difícil acceso que tienen a casas comerciales para adquirir pequeñas cantidades de semilla certificada y el alto costo de esta. Sin embargo también se evidenció que ante la posibilidad de poder adquirir semilla certificada directamente los PP estarían dispuestos a pagar 30% adicional al valor pagado actualmente por carga de semilla, situación que aumenta el potencial de adopción al romper la barrera económica frente a los beneficios que identifican los productores al usar semilla certificada, por lo tanto debe tenerse en cuenta el costo con la carga de semilla GM salga al mercado será un determinante del potencial de adopción de los pequeños productores de papa de los tres municipios. Así lo constata la investigación realizada por Qaim y Cap (2002) en Argentina donde se evidencia que aunque el cultivo de algodón Bt es ampliamente adoptado en diferentes países alrededor del mundo y dicha variedad cuenta con ventajas

productivas, su mayor limitante es el elevado precio con el que se encuentra en el mercado, razón por la que el proceso de adopción en Argentina ha sido lento. La mayor explicación para esta situación radica en que la disposición de los productores a pagar un precio mayor por la innovación tecnológica es menor a la mitad del precio real de la semilla Bt, los productores se ven motivados a asumir esta posición teniendo en cuenta que al pagar el precio exigido por el mercado se incrementan sus costos totales significativamente al punto de disminuir la rentabilidad de sus sistemas productivos.

Respecto al panorama actual las fincas vecinas se constituyen en una fuente más económica de semilla certificada de segundo corte como lo ratifican Barrientos y Núñez (2014). Estos autores identificaron que los medianos y grandes productores de papa de la región Cundiboyacense al poseer mayor capital cuentan con mayor grado de negociación, esto les permite adoptar más rápidamente nuevas variedades, siempre y cuando identifiquen ventajas competitivas, convirtiéndose en una influencia para la adopción y fuente de provisión de semilla no formal para los pequeños agricultores.

Definir este canal de difusión de nuevas variedades para los PP de papa es fundamental, una vez que se encontró que gran parte de los que usan semilla de papa propia estarían dispuestos a usar una semilla certificada que les garantice menor ataque de plagas. Bajo este panorama la idea relacionada con la resistencia al cambio en pequeños agricultores colombianos planteada por Rojas (1998) pierde validez y difiere de la posición de los PP encuestados en esta investigación respecto a utilizar otro tipo de semilla, nuevas variedades, cambiar técnicas de siembra e inclusive probar nuevos métodos para el control de plagas aun cuando el método químico es ampliamente utilizado y exista un desconocimiento casi total sobre otros métodos para contrarrestar el ataque de plagas; desconocimiento que puede estar influenciado por el bajo cubrimiento de la asistencia técnica en la región y las escasas capacitaciones a las que tienen acceso los PP.

Ahora bien, respecto al modelo econométrico, es de recordar que inicialmente arrojó que la probabilidad de adopción está determinada por el tipo de semilla utilizada (certificada, propia); sin embargo se decidió ajustar el modelo incluyendo las variables de grado de escolaridad y experiencia del productor de acuerdo a que son variables que recurrentemente explican la probabilidad de adopción de tecnologías, se piensa que el nivel de educación crea o abre un espacio para aceptar nuevas prácticas potenciando la capacidad de adopción de nuevas tecnologías. (Rojas, 1998; Akudugu *et al.*, 2012; Sani *et al.*, 2014). Adicionalmente, se suma a estos factores estos el que los productores puedan acceder a servicios de extensión ya que les permite adquirir información sobre las tecnologías, que junto con el nivel de educación

se complementan como factores que pueden definir entonces su capacidad de elección de las mismas.

Para soportar parte de estas afirmaciones, en el país se cuenta con la investigación realizada por Rojas (1998), cuya metodología utilizada en cuanto al análisis estadístico coincide con la de este estudio y permite así hacer una comparación de los resultados obtenidos en cada caso. Es así como determinó que para los caficultores antioqueños el grado de escolaridad estaba relacionado con la probabilidad de adopción, entendiéndose que los agricultores con educación más avanzada tienen mayores facilidades de acceder a información que les permita conocer nuevas tecnologías y generan mayores argumentos de decisión frente a la adopción tecnológica, esta premisa concuerda con lo encontrado por Deressa *et al.* (2009) en el estudio donde identifica los principales métodos utilizados por los agricultores para adaptarse al cambio climático en la cuenca del río Nilo en Etiopía y el de Ali *et al.* (2011) donde identifica los factores que afectan la adopción de variedades de girasol en Sindh, Pakistán. Sin embargo señala también Rojas que en el caso de los caficultores de Cundinamarca, el modelo evidenció que el grado de escolaridad no influenciaba la probabilidad de adopción, aun cuando la causa de este hecho no fue definida en el estudio, Rojas indica que probablemente esta decisión se dé porque los agricultores que cuentan con mayores niveles educativos pueden acceder a empleos no agrícolas que les generan mayores ingresos hecho que los lleva a desligarse de la actividad productiva, disminuyendo el potencial de adopción de tecnologías que puedan contribuir a mejorar su sistema productivo. El panorama encontrado para los caficultores de Cundinamarca concuerda con lo encontrado en esta investigación donde se obtuvo que los PP de papa tienen la misma probabilidad de adopción sin importar su grado de escolaridad, sin embargo y teniendo en cuenta que la mayoría de productores solo tienen estudios primarios y cuentan con la agricultura como única fuente de sustento económico los argumentos de Rojas pierden validez para este caso, pero pueden considerarse para futuras investigaciones en productores de papa medianos y grandes en donde la formación académica y fuente de sustento económico puede variar.

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 diversas investigaciones como evaluación de diferentes tratamientos

alimenticios para pollos de engorde en Totoró-Cauca (Casamachin *et al.*, 2007), evaluación de adiciones a dietas alimenticias de cerdos en el Magdalena Medio (Olivares, 2010), evaluación productiva de distintas líneas de pollo de engorde en Cauca (Rosero *et al.*, 2012). Se destaca el estudio hecho por Salazar y Betancourth (2009) donde se evalúan distintos extractos de plantas para el control de *Tecia solanivora* bajo la metodología de presupuestos parciales en el departamento de Nariño, en esta investigación al igual que en la presente 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. La presente investigación registró efectos positivos inclusive en los escenarios pesimistas planteados para la posible adopción de control biológico, se encontró que los escenarios planteados para condiciones de campo registraron mayor relación beneficio costos esto teniendo en cuenta que las aplicaciones por hectárea son más económicas que lo registrado en condiciones de almacenamiento.

Para la posible liberación de semilla GM los estudios de Diez *et al.* (2013) y Adiyoga y Norton (2009) utilizados como referente registraron en sus investigaciones una relación beneficio costo positiva, sin embargo se encontraron algunas diferencias que se explican porque aun cuando los porcentajes de variación de la tecnología frente al panorama actual son los mismos, los precios de venta y los rendimientos difieren de un estudio a otro teniendo en cuenta que las investigaciones referenciadas fueron desarrolladas en Perú e Indonesia respectivamente, adicional a esto el estudio de Adiyoga y Norton (2009) plantea doce escenarios de manera diversa de acuerdo a lo planteado en la metodología lo que dificulta su comparación directa. Los resultados del modelo de presupuestos parciales para este caso también evidencian efectos positivos siendo el escenario con mayor relación beneficio-costos el escenario número 2, esto teniendo en cuenta que este en este se presenta una disminución significativa de los costos de insumos para manejo fitosanitario y que el aumento en el costo de la semilla es mínimo, cabe resaltar que el escenario 3 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.

Lo anterior supone un impacto económico positivo tanto para lo posible adopción del control biológico como de la semilla GM, teniendo en cuenta que las mayores variaciones positivas se encuentran dirigidas a los insumos que corresponden a los costos de mayor participación dentro de la estructura de costos totales por hectárea, como lo ratifica el informe de costos de producción de pequeños productores de papa de la región Cundiboyacense del Sistema de información de precios de insumos y factores del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la Corporación Colombia Internacional (1990). 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.

7. 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.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda que en la fase de desarrollo en campo del proyecto se incluyan también a las universidades puesto que como ya se mencionó los productores tienen confianza en la labor desarrollada por la academia, e identifican en estas intereses netamente académicos alejados de los intereses particulares o económicos, así mismo se recomienda utilizar las escuelas de campo como método de transferencia tecnológica para hacer llegar el paquete biotecnológico a los PP a través de la observación directa, la práctica y la interacción con su comunidad.

Para la posible liberación comercial del paquete deberán tenerse en cuenta a los medianos y grandes productores puesto que ellos son el canal más efectivo identificado como fuente de semilla para los pequeños productores que son el grueso de la población papera en la región.

Adicionalmente se sugiere tener en cuenta la información suministrada por los agricultores en cuanto a sus condiciones económicas y cuanto estarían dispuestos a pagar por las innovaciones tecnológicas para sus sistemas productivos y de esta manera que sean liberadas al mercado en un rango de precios justos y asequibles para todos los tipos de productores y no solo para quienes poseen mayor capital como sucede hasta el momento; aún más cuando ya se ha reconocido que en manos de los pequeños agricultores esta la alimentación de las zonas urbanas del país, razón por la que este tipo de estudios deben seguir enfocándose a ellos y deben contribuir a que el pequeño agricultor cuente con más y mejores herramientas que le permitan desarrollar su labor de forma más eficiente y enfrentarse en mejores condiciones a las fluctuaciones del mercado nacional e internacional.

Finalmente y con ánimo de constatar la utilidad de esta evaluación ex ante se sugiere llevar a cabo una evaluación ex post que permita comparar los resultados del presente estudio con la decisión real de adopción y la situación de los PP en la región tras la liberación comercial y adopción del paquete biotecnológico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, José Luis. El Método de la Investigación Research Method. *Daena: International Journal of Good Conscience*, vol. 9, no 3, 2014, p. 195-204.

ACUÑA, J., MONCADA, M del P., MOLINA, D., GONGORA, C., GAITAN, A., CRISTANCHO, M., POSADA, H., CORTINA, H., ALVARADO, G., BUSTILO, A. Bioprospección en café. *TALLER Nacional sobre Bioprospección, 1. Bogotá (Colombia), Abril 18-19, 2002.*

ADIYOGA, W.; NORTON, G. W. costs and Benefits of Bt Potato with resistance to Potato tuber Moth in Indonesia. *for Frults y VegetABLEs*, 2009, p. 105.

AKUDUGU, Mamudu Abunga., GUO, Emelia., DADZIE, Samuel Kwesi. Adoption of modern agricultural production technologies by farm households in Ghana: What factors influence their decisions. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, vol. 2, no 3 2012.

ARSHAD, Muhammad., SUHAIL, Anjum., GOGI, Didal., YASEEN, M., ASGHAR, M., TAYYIB, M., KARAR, Haider., HAFEEZ, Faisal., ULLAH, Unsar. Farmers' perceptions of insect pests and pest management practices in Bt cotton in the Punjab, Pakistan. *International Journal of Pest Management*, vol. 55, no 1, 2009, p. 1-10.

BARRIENTOS, Juan Carlos., RONDÓN, Camilo., MELO, Sandra. Price performance of the potato varieties Parda Pastusa and Diacol Capiro in Colombia (1995-2011). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, vol. 8, no 2, 2014, p. 272-286.

BARUNGI, M., NGONGOLA, D., EDRISS, A., MUGISHA, J. Factors influencing the adoption of soil erosion control technologies by farmers along the slopes of Mt. Elgon in eastern Uganda. *Journal of Sustainable Development*, vol. 6, no 2, 2013, p. 9.

BOSA, Felipe., OSORIO, Pablo., COTES, Alba., BENGTTSSON, Marie., WITZGALL, Peter., FUKUMOTO, Takehiko. Control de Tecia solanivora (Lepidoptera: Gelechiidae) mediante su feromona para la interrupción del apareamiento. *Revista Colombiana de Entomología*, vol. 34, no 1, 2008, p. 68-75.

CALLE, David "A la polilla guatemalteca la está matando de hambre". {En línea}. 2011. {11 de junio de 2015} disponible en:

(<http://www.unperiodico.unal.edu.co/en/dper/article/a-la-polilla-guatemalteca-la-estan-matando-de-hambre.html>)

CASAMACHIN, Mary Luz. Evaluación de tres niveles de inclusión de morera (*Morus alba*) en alimento para pollos de engorde. *INGRESAR A LA REVISTA*, vol. 5, no 2, 2015.

CORPOICA “Uso de los compuestos volátiles de la papa en el control de la polilla guatemalteca”. {En línea}. 2012. {17 de junio de 2015} disponible en: (<http://www.corpoica.org.co/sitioweb/archivos/publicaciones/cartillapolillaguatecaltecaenlapapa.pdf#page=10>)

CUARTAS, Paola., VILLAMIZAR, Laura., ESPINEL, Carlos., COTES, Alba. Infection of native granulovirus on *Tecia solanivora* and *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista Colombiana de Entomología*, vol. 35, no 2, 2009, p. 122-129.

D'ANTONI, María., VENTO, Bárbara., MORENO, Gabriela., PORRA, Claudia. Determinación del período crítico de interferencia de malezas en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*), San Juan, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, vol. 111, no 1, 2012, p. 23-30.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN DE COLOMBIA; CERVINI, Héctor; MOKATE, Karen Marie. *Estimación de precios de cuenta para Colombia*. BID, 1990.

DERESSA, Temesgen., HASSAN, Rashid., RINGLER, Claudia., ALEMU, Tekje., YESUF., Mahmud. Determinants of farmers' choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia. *Global environmental change*, vol. 19, no 2, 2009, p. 248-255.

DIEZ, Ramón Alberto Matallana; OSCORIMA, Raquel Margot Gómez; MANRIQUE, Adriano Varona. Análisis de metodologías de evaluación antes y después de cambios tecnológicos: el caso de la liberación de los organismos genéticamente modificados en Perú. *UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO • RECINTO DE RÍO PIEDRAS Facultad de administración de empresas*, vol. 18, no 1, 2013, p. 27.

EAPEN, Susan. Advances in development of transgenic pulse crops. *Biotechnology advances*, vol. 26, no 2, 2008, p. 162-168.

EILENBERG, J.; HAJEK, A.; LOMER, C. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*, vol. 46, no 4, 2001, p. 387-400.

FAO “Biotecnologías Agrícolas para la Seguridad Alimentaria y el Desarrollo Sostenible: Opciones para los Países en Desarrollo y Prioridades de Acción para la Comunidad Internacional”. {En línea}. 2010. {24 de junio de 2015} disponible en {http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/abdc/documents/optpriors.pdf}

FAO “Instrumentos de la FAO sobre la Bioseguridad. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación”. {En línea}. 2007. {24 de junio de 2015} disponible en: {<http://www.fao.org/3/a-a1140s.pdf>}

FAO “La papa y la biotecnología”. {En línea}. 2008. {17 de Noviembre de 2015} disponible en {<http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/biotecnologia.html>}

FAO “Tesoro enterrado”. {En línea}. 2008. {25 de mayo de 2015} disponible en: {<http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/difusion.html>}

FEDEPAPA “Acuerdo de competitividad de la cadena agroalimentaria de la papa en Colombia”. {En línea}. 2010. {24 de abril de 2015} disponible en: {<http://www.fedepapa.com/wp-content/uploads/pdf/ACUERDO-COMPETITIVIDAD-CADENA-AGROALIMENTARIA-PAPA.pd>}

FEDEPAPA “Cultivo de la papa”. {En línea}. S.F. {25 de mayo de 2015} disponible en: {http://www.fedepapa.com/?page_id=401}

FEDEPAPA “Plagas y enfermedades de la papa”. {En línea}. S.F. {24 de abril de 2015} disponible en: {http://www.fedepapa.com/?page_id=1900}

GÓMEZ-BONILLA, Yannery., LÓPEZ-FERBER, Miguel., CABALLERO, Primitivo., MURILLO, Rosa., MUÑOZ, Delia. Granulovirus formulations efficiently protect stored and field potatoes from *Phthorimaea operculella* and *Tecia solanivora* in Costa Rica. *BioControl*, vol. 58, no 2, 2013, p. 215-224.

GRAJALES, Tevni “Tipos de investigación”. {En línea}. S.F. {19 de noviembre de 2015} disponible en {<http://tgrajales.net/investipos.pdf>}

GUTMAN, G., y Lavarello, P. Biotecnología y desarrollo. Avances de la agrobiotecnología en Argentina y Brasil. *Buenos Aires, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), inédito. (2009).*

HINCAPIÉ ROJAS, Viviana Patricia; CHAPARRO-GIRALDO, Alejandro. Study of freedom to operate for a genetically modified potato (*Solanum tuberosum* L.) line. *Revista Colombiana de Biotecnología*, vol. 16, no 1, 2014, p. 119-128.

HODSON DE JARAMILLO, E., Castaño, A y Uscateguil, MA Agrobio: Biotecnología Agrícola Moderna, Organismos Genéticamente Modificados y Bioseguridad. Consejo Superior de la Judicatura, Sala Administrativa. Escuela Judicial "Rodrigo Lara Bonilla". Módulo de Aprendizaje Autodirigido - Plan de formación de la Rama Judicial. (2012). p.220.

HODSON DE JARAMILLO, Elizabeth; CARRIZOSA, María Susana. Normatividad relacionada con Bioseguridad de organismos genéticamente modificados (OGM). 2007.

HORTON, Douglas. Análisis de Presupuesto Parcial para Investigación en Papa al Nivel de Finca. *Boletín de Informacin Técnica*, vol. 1, 1982, p. 6.

HUANG, Fangneng., LEONARD, Rogers., COOK, Donald., LEE, Donna., ANDOW, David., BALDWIN, Jack., TINDALL, Kelly., WU, Xiaoyi. Frequency of alleles conferring resistance to *Bacillus thuringiensis* maize in Louisiana populations of the southwestern corn borer. *Entomologia experimentalis et applicata*, vol. 122, no 1, 2007, p. 53-58.

ICA. El ICA con los maestros de la papa, orgullo de nuestro país. 2014.[En línea] < [http://www.ica.gov.co/Noticias/Agricola/2013-\(1\)/El-ICA-con-los-maestros-de-la-papa,-orgullo-de-nue.aspx](http://www.ica.gov.co/Noticias/Agricola/2013-(1)/El-ICA-con-los-maestros-de-la-papa,-orgullo-de-nue.aspx)> [citado 26 de Agosto de 2015]

JARIKO, Ghulam., JUNEJO, Mumtaz., RAHPOTO, Muhammad., SHAH, Maqsood. Socioeconomic factors affecting adoption of sunflower varieties in Sindh. *Pak J Commer Soc Sci*, vol. 5, no 1, 2011, p. 192-201.

KUMAR, Suresh; CHANDRA, Amaresh; PANDEY, K. C. *Bacillus thuringiensis* (Bt) transgenic crop: an environment friendly insect-pest management strategy. *J Environ Biol*, vol. 29, no 5, 2008, p. 641-653.

KUMAR, Vipin; JHA, Prashant. Influence of herbicides applied postharvest in wheat stubble on control, fecundity, and progeny fitness of *Kochia scoparia* in the US Great Plains. *Crop Protection*, vol. 71, 2015, p. 144-149.

LENAERTS, Marijke., POZO, Maria., WAKERS, Felix., VAN DEN ENDE, Wim., JACQUEMYN, Hans., LIEVENS, Bart. Impact of microbial communities on floral nectar chemistry: potential implications for biological control of pest insects. *Basic and Applied Ecology*, vol. 17, no 3, 2016, p. 189-198.

LLORET-CLIMENT, Miguel., AMORÓS-JIMÉNEZ, Rocco., GONZÁLEZ-FRANCO, Lucía., NESCOLARDE-SELVA, Josué-antonio. Coverage and invariance for the biological control of pests in mediterranean greenhouses. *Ecological Modelling*, vol. 292, 2014, p. 37-44.

LÓPEZ, Alfredo; CHAPARRO, Alejandro. Propuesta de un sistema de transformación de plantas de papa (*Solanum tuberosum* sp. andigena var. Pastusa suprema) mediado por *Agrobacterium tumefaciens*. *Agronomía Colombiana*, vol. 25, no 1, 2007, p. 16-25.

LOPEZ-AVILA, Aristobulo., VARGAS, Blanca., RUBIO, Silvia. Estudios de hábitos y comportamiento de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) en papa almacenada. *Revista Colombiana de Entomología*, vol. 30, no 2, 2004, p. 211-217.

LOU, Yong-Gen., Zhang, Gu-Ren., Zhang, Wen-Qing., HU, Yang., ZHANG, Jin. Biological control of rice insect pests in China. *Biological Control*, vol. 67, no 1, 2013, p. 8-20..

MAL, Puran, REDDY, Krishna., MANJUNATHA, A., BAUER, Siegfried. Economic profitability and adoption of Bt cotton and non-Bt cotton in North India. En *Conference on international research on food security*. 2010. p. 10-15.

MARCONI, Valentina; RAGGI, Meri; VIAGGI, Davide. Assessing the impact of RDP agri-environment measures on the use of nitrogen-based mineral fertilizers through spatial econometrics: The case study of Emilia-Romagna (Italy). *Ecological Indicators*, vol. 59, 2015, p. 27-40.

MARTÍNEZ-CARRASCO PLEITE, Federico., SCHWENTESIUS-RINDERMANN, Rita., MARTINEZ-PAZ, Jose., GÓMEZ-CRUZ, Manuel. Características y comparativa de los productores de alimentos ecológicos en el sureste de Europa: El caso de la región de Murcia, España. *Agrociencia*, vol. 43, no 6, 2009, p. 649-657.

MARTÍNEZ-VALENZUELA, Carmen; GÓMEZ-ARROYO, Sandra. Riesgo genotóxico por exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Revista internacional de contaminación ambiental*, vol. 23, no 4, 2007, p. 185-200.

MILANÉS GUIADO, Yusnelkis; SOLÍS CABRERA, Francisco Manuel; NAVARRETE CORTÉS, José. Aproximaciones a la evaluación del impacto social de la ciencia, la tecnología y la innovación. *Acimed*, vol. 21, no 2, 2010, p. 161-183.

MULLINS, Ewen., MILBOURNE, Dan., PETTI, Carlo., DOYLE-PRESTWICH, Barbara., MEADE, Conor. Potato in the age of biotechnology. *Trends in Plant Science*, vol. 11, no 5, 2006, p. 254-260.

MURRAY, T. J.; MANSFIELD, S. Reproductive characteristics of invasive hyperparasitoid *Baeoanusia albifunicle* have implications for the biological control of eucalypt pest *Paropsis charybdis*. *Biological Control*, vol. 91, 2015, p. 82-87.

MWANGI, H., KIHRANI, A., WESONGA, J., ARIGA, E., KANAMPIU, F. Effect of *Lablab purpureus* L. cover crop and imidazolinone resistant (IR) maize on weeds in drought prone areas, Kenya. *Crop Protection*, vol. 72, 2015, p. 36-40.

NAIR, Chellappan., SALIN, Krishna., JOSEPH, Juliet., ANEESH, Bahuleyan., GEETHALAKSHMI, Vaidhyanathan., BERNARD, Michael. Organic rice-prawn farming yields 20% higher revenues. *Agronomy for sustainable development*, vol. 34, no 3, 2014, p. 569-581.

NASEEM, Anwar y SINGLA, Rohit. Ex Ante Economic Impact Analysis of Novel Traits in Canola. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, vol. 38, no 2, 2013, p. 248-268.

OLIVARES, Hermes. Evaluación técnica y económica de tres niveles de adición de morera (*Morus alba*) en alimento para cerdos. *CITECSA*, vol. 1, no 1, 2010, p. 19-26.

ORDOÑEZ “Muestreo Aleatorio Estratificado”. {En línea}. S.F. {26 de septiembre de 2015} disponible en: {http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4030006/lecciones/capituloseis/6_6.html}

ORTIZ, Rodomiro. La adopción de la biotecnología moderna y su compatibilidad con una agricultura sustentable. *Idesia (Arica)*, vol. 30, no 3, 2012, p. 3-10.

PORTAFOLIO, Fedepapa busca revertir caída del consumo de papa. 2014. [En línea] < <http://www.portafolio.co/economia/consumo-papa-colombia-0>> [citado 23 de abril de 2015]

QAIM, Matin; CAP, Eugenio J. Algodón Bt en Argentina: un análisis de su adopción y la disposición a pagar de los productores. *INTA, Instituto de Economía y Sociología*, 2002.

QUIROGA, Isabel; GÓMEZ, Martha; VILLAMIZAR, Laura. Stability of formulations based on granulovirus for controlling *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) in the field. *Revista Colombiana de Entomología*, vol. 37, no 1, 2011, p. 27-35.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. (2013)

Ramasamy, C., K. N. Selvaraj, G. W. Norton, and K. Vijayaraghavan. Economic and Environmental Benefits and Costs of Transgenic Crops: Ex-Ante Assessment. Coimbatore, India: Tamil Nadu Agricultural University, 2007

RANEY, Terri. Economic impact of transgenic crops in developing countries. *Current Opinion in Biotechnology*, vol. 17, no 2, 2006, p. 174-178.

REN, Zhen-jing., CAO, Gao-yi., ZHANG, Yu-wen., LIU, Yan., LIU, Yun-jun. Overexpression of a modified AM79 *aroA* gene in transgenic maize confers high tolerance to glyphosate. *Journal of Integrative Agriculture*, vol. 14, no 3, 2015, p. 414-422.

REVISTA SEMANA “El monstruo papero sigue vivo”. {En línea}. 2013. {29 de abril de 2015} disponible en: {<http://sostenibilidad.semana.com/actualidad/articulo/el-monstruo-papero-sigue-vivo/29464>}

REYES, Giovanni; CHAPARRO-GIRALDO, Alejandro; ÁVILA, Kelly. Efecto ambiental de agroquímicos y maquinaria agrícola en cultivos transgénicos y convencionales de algodón. *Rev Colomb Biotecnol*, vol. 12, 2010, p. 151-162.

RINCÓN, Diego Fernando; GARCÍA, Javier. Frecuencia de cópula de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista Colombiana de Entomología*, vol. 33, no 2, 2007, p. 133-140.

RIVAS, Libardo “Impacto económico de la adopción de pastos mejorados en América Latina tropical”. {En línea}. (2002). {26 de julio de 2015} disponible en: {http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/tropileche/impacto_Ec.pdf}

RIVAS, Libardo., GARCÍA, James., SERÉ, Carlos., JARVIS, Lovell., SANINT, Luis. Modelo de análisis de excedentes económicos (MODEXC). *CIAT, Cali, Febrero*, vol. 1, 1992.

ROJAS G, C. P. Factores físicos y socioeconómicos que explican la no adopción de tecnología moderna por el caficultor en Antioquia y

Cundinamarca. *Ensayos sobre Economía Cafetera (Colombia)*, vol. 11, no 14, 1998, p. 73-100.

ROSAS GARCÍA, Ninfa María. *Bacillus thuringiensis*: una aplicación de la ciencia. *Revista Colombiana de Biotecnología*, vol. 16, no 2, 2014, p. 5-6.

ROSETO, JUAN PABLO; GUZMAN, ELKIN FERNEY; LOPEZ, FREDY JAVIER. Evaluación del comportamiento productivo de las líneas de pollos de engorde Cobb 500 y Ross 308. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 10, no 1, 2012, p. 8-15.

SALAZAR, Claudia y BETANCOURTH, Carlos. Evaluación de extractos de plantas para el manejo de polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) en cultivos de papa en Nariño, Colombia. *Agronomía Colombiana*, vol. 27, no 2, 2009, p. 219-226.

SANI, A., ABUBAKAR, B., ABUBAKAR, D., ATALA, T., ABUBAKAR, L. 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*, vol. 3, no 4, 2014, p. 257-274.

SHARMA, Rakesh., PESHIN, Rajinder., SHANKAR, Uma., KAUL., Virender., SHARMA., Sushma. Impact evaluation indicators of an Integrated Pest Management program in vegetable crops in the subtropical region of Jammu and Kashmir, India. *Crop Protection*, vol. 67, 2015, p. 191-199.

SHIFERAW, Bekele., KASSIE, Menale., JALETA, Moti., YIRGA, Chilot. Adoption of improved wheat varieties and impacts on household food security in Ethiopia. *Food Policy*, vol. 44, 2014, p. 272-284.

SOHRAB, Sayed., KAMAL, Mohhamad., ILAH, Abdul., HUSEN, Azamal., BHATTACHARYA, P., RANA, D. Development of Cotton leaf curl virus resistant transgenic cotton using antisense $\beta C1$ gene. *Saudi journal of biological sciences*, 2014.

STANTON, R., PRATLEY, J., HUDSON, D., DILL, G. Herbicide tolerant canola systems and their impact on winter crop rotations. *Field crops research*, vol. 117, no 1, 2010, p. 161-166.

SUPER INTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO “Cadena productiva de la papa: diagnóstico de libre competencia”. {En línea}. S.F. {24 de abril de

2015} disponible en: {<http://www.sic.gov.co/drupal/sites/default/files/files/PAPA.pdf>}

THAKORE, Yatin. The biopesticide market for global agricultural use. *Industrial Biotechnology*, vol. 2, no 3, 2006, p. 194-208.

TORNEY, Francois., MOELLER, Lorena., SCARPA, Andréa., Wang, Kan. Genetic engineering approaches to improve bioethanol production from maize. *Current opinion in biotechnology*, vol. 18, no 3, 2007, p. 193-199.

VALDERRAMA, Ana., VELASQUEZ, Nubia., RODRIGUEZ, Esperanza., ZAPATA, Andrea., ZAIDI, Mohsin., ALTOSAAR, Ilmar., ARANGO, Rafael. Resistance to *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) in three transgenic Andean varieties of potato expressing *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac protein. *Journal of economic entomology*, vol. 100, no 1, 2007, p. 172-179.

VILLAMIL, Jorge Enrique; MARTÍNEZ, John Wilson; PINZÓN, Elberth Hernando. Biological activity of entomopathogenic fungi on *Premnotrypes vorax* Hustache (coleoptera: curculionidae). *Revista de Ciencias Agrícolas*, vol. 33, no 1, 2016, p. 34-42.

VILLANUEVA, D., SALDAMANDO, C. I. *Tecia solanivora*, Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae): una revisión sobre su origen, dispersión y estrategias de control biológico. *Ingeniería y Ciencia*, vol. 9, no 18, 2013, p. 197-214.

YANG, Zhong-Qi; WANG, Xiao-Yi; ZHANG, Yi-Nan. Recent advances in biological control of important native and invasive forest pests in China. *Biological Control*, vol. 68, 2014, p. 117-128.

ZANGENEH, Morteza; OMID, Mahmoud; AKRAM, Asadollah. A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. *Energy*, vol. 35, no 7, 2010, p. 2927-2933.

ZEPEDA, J., BARRETO-TRIANA, N., BAQUERO-HAEBERLIN, I., ESPITIA MALAGON, E., FIERRO-GUZMAN, H., LÓPEZ, N. *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 Povolny) in Ventaquemada, Colombia*. International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2006.

ZHEN, Congai., GAO, Xiwu. A point mutation (L1015F) of the voltage-sensitive sodium channel gene associated with lambda-cyhalothrin resistance in

Apolygus lucorum (Meyer-Dür) population from the transgenic Bt cotton field of China. *Pesticide biochemistry and physiology*, vol. 127, 2016, p. 82-89.

ZHOU, Hongxu., YU, Yi., TAN, Xiumei., CHEN, Aidong., FENG, Jianguo. Biological control of insect pests in apple orchards in China. *Biological Control*, vol. 68, 2014, p. 47-56.