



Forum Empresarial

ISSN: 1541-8561

forum@uprrp.edu

Centro de Investigaciones Comerciales e

Iniciativas Académicas

Puerto Rico

Diez Matallana, Ramón Alberto; Gómez Oscorima, Raquel Margot; Varona Manrique, Adriano  
Análisis de metodologías de evaluación antes y después de cambios tecnológicos: el caso de la  
liberación de los organismos genéticamente modificados en Perú

Forum Empresarial, vol. 18, núm. 1, 2013, pp. 27-56

Centro de Investigaciones Comerciales e Iniciativas Académicas

San Juan, Puerto Rico

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63129311002>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## Análisis de metodologías de evaluación antes y después de cambios tecnológicos: el caso de la liberación de los organismos genéticamente modificados en Perú

Ramón Alberto Diez Matallana / rdiez@lamonila.edu.pe  
Universidad Nacional Agraria La Molina

Raquel Margot Gómez Oscorima /rgo@lamonila.edu.pe  
Universidad Nacional Agraria La Molina

Adriano Varona Manrique / advarman@gmail.com  
Universidad Nacional Agraria La Molina

Recibido: 24 de abril de 2012  
Aceptado: 13 de febrero de 2013

### RESUMEN:

Se evalúa la aplicabilidad de tres metodologías de análisis de impacto económico del cambio tecnológico: el presupuesto parcial, el modelo de excedentes (Alston, Norton y Pardey, 1998) corrido en Excel y en el software Modexc (Rivas, García, Seré, Jarvis, Sanint y Pachico, 1999), desde el punto de vista de la facilidad de manejo, del uso de coeficientes de fácil acceso, de la posibilidad de manejo de información procedente de fuentes primarias y secundarias, así como de la generación de índices de eficiencia económica a corto y largo plazo. Las metodologías son aplicadas en una papa blanca comercial mejorada genéticamente, con resistencia a insectos y nematodos, en el distrito de Huasahuasi, región Junín, Perú. Dichas metodologías permiten evaluar la rentabilidad de la inversión en la semilla de papa *Bt*.

**Palabras clave:** evaluación anterior y posterior, costos y beneficios, modelo de excedentes

### ABSTRACT:

We evaluate the applicability of three methods of analysis of economic impact of technological change: the partial budget, the surplus model (Alston, Norton, and Pardey, 1998) run in Excel and software Modexc (Rivas, García, Seré, Jarvis, Sannint, and Pachico, 1999). From the perspectives of ease management, the use of coefficients of easy access, the ability of managing information from primary and secondary sources, and the generation of economic efficiency indicators of short and long term. These methodologies are applied in a genetically improved

o commercial white potato with resistance to insects and nematodes, in the district of Huasahuasi, Junin, Peru. Such methodologies are implemented in order to assess the profitability of investment in the *Bt* potato seed.

**Keywords:** assessment ex – ante, costs and benefits, surplus model

## INTRODUCCIÓN

En el Perú, la investigación e implementación de tecnologías de punta, tanto en el agro como la biotecnología, son de gran importancia para los empresarios; pese a ello, estas prácticas no han recibido un impulso sostenido. Es necesario fortalecer la capacidad de evaluar dichas tecnologías antes y después de su aplicación. Esta medida es especialmente importante para el caso de la papa, pues Perú alcanza 75.4 kg. de consumo per cápita anual (más del doble del promedio mundial: 36.5kg.). Ciertamente, la papa es un alimento muy importante en la dieta del peruano promedio, e involucra casi 600 mil productores (Devaux, Ordinola, Hibon y Flores, 2010).

Para la evaluación de tecnologías se suelen usar métodos diversos, como el modelo de excedentes (Alston, Norton y Pardey, 1995) aplicado a información generada por la transformación técnica en algún cultivo, empleada en una típica evaluación anterior y posterior a la implementación de dichas tecnologías, como procedieron Qaim y Zilberman (2003) y Qaim y Traxler (2005) sobre la soya *Ht* en Argentina. De igual modo, Traxler, Godoy-Ávila, Falck-Zepeda y Espinoza-Arellano (2003) y Traxler y Godoy-Ávila (2004) encontraron beneficios económicos en el uso de algodón *Bt* en México; Huang, Rozelle, Pray y Wang (2002) encontraron beneficios económicos y ambientales por la utilización del algodón *Bt* por parte de agricultores en China; Kolady y Lesser (2006, 2008, 2008) y Krishna y Qaim (2007) hallaron tales beneficios en el cultivo de berenjena con resistencia a los insectos (IR) en la India.

El uso del método de presupuesto parcial es de larga data (Varona, 2011; Fonseca, Zuger, Walker y Molina, 2002; Fano y Achanta, 1992; French, 1989; Perrin, 1976) para evaluaciones anteriores y posteriores, a veces con información a nivel experimental. Para la

introducción de una nueva tecnología, de la cual no hay ninguna información de resultados reales de campo, es necesario recurrir a metodologías que permitan realizar una evaluación antes y después de su implantación, tal como han hecho, para evaluar los beneficios para los agricultores de la aplicación de semillas mejoradas genéticamente, Qaim y Von Braun (1998), Qaim y Zilberman (2003), Mamáril y Norton (2006), Hareau, Mills y Norton (2006), Falck-Zepeda, Barreto-Triana, Baquero, Espitia, Fierro, y López (2006) para diversos productos (algodón *Bt*, arroz *Bt*, papa *Bt*) y diversos países. De este modo, encontraron beneficios económicos para productores y consumidores. Los métodos empleados para las evaluaciones anteriores y posteriores se centran en la estimación de los beneficios en un período, aplicando presupuesto parcial y luego en la aplicación de modelos de excedentes en hojas de cálculo o en el Modelc.

Respecto al cultivo de papa genéticamente modificada para obtener resistencia a polillas y nematodos, que se emplea para verificar la aplicabilidad de los modelos de presupuesto parcial y de excedentes en el caso de Perú, ya hemos señalado su importancia por su alto consumo per cápita frente al cual hay una productividad de 12.17 t/ha, inferior al promedio mundial de 17.38 t/ha y algo más de 25% de la productividad de Nueva Zelanda, esto es, 45.7 t/ha (Diez y Echevarría, 2011) u Holanda (44.7 t/ha) (Faostat, 2007). En el Perú, la producción de papa se realiza en 260 mil hectáreas y genera algo más de 3 millones de toneladas; involucra a 597,325 productores (Devaux, Ordinola, Hibon y Flores, 2010), 110.000 puestos de trabajo permanentes y 27 millones de jornales por campaña agrícola, en 19 de las 24 regiones del Perú (Maximize Consult, 2008), desde el nivel del mar hasta los 4,200 m.s.n.m., y aporta un 11.04% del PBI agrícola nacional (Devaux, Ordinola, Hibon y Flores, 2010).

La papa es una herbácea de un metro de altura de la que se consume el tubérculo, su reserva de nutrientes. Hay más de 4.000 variedades de papa en Perú, lo que muestra la gran diversidad genética que presenta este cultivo. Por su alto contenido de carbohidratos y proteínas es un alimento de alto valor nutricional. Esto también la convierte en alimento apetecible para una gama de agentes bióticos tales como nematodos (*Globodera rostochiensis*, *Globodera pallida*), ranucha (*Phytophthora infestans*), polilla (*Pthorimaeia operculella*) o gorgojo

de los andes (*Premnotrypes suturicallus*), virus y bacterias, que ocasionan pérdidas posteriores a la cosecha del producto y, la reducción de su productividad neta por parcela, por lo que el productor se ve obligado a aplicar agroquímicos tóxicos para su salud y la del consumidor. Específicamente, la innovación tecnológica relevante para la papa blanca comercial sería la semilla genéticamente modificada de papa, resistente a polilla (*Phorimaeia operculella*) y nematodos (*Globodera rostochiensis* y *Globodera pallida*) en el distrito de Huasahuasi, provincia de Tarma, en la región de Junín en Perú. Al respecto, en Perú, el Centro Internacional de la Papa, ha obtenido papa *Bt* resistente a la polilla de papa<sup>1</sup> la cual no puede ser liberada por razones legales<sup>2</sup> y podría ser resistente a polillas y nematodos (Ghislain, 2008). La *Bacillus thuringiensis* (o *Bt*) habita en el suelo y se usa como una alternativa biológica al pesticida. Se puede extraer de ella la toxina Cry y utilizarla como plaguicida (Madigan y Martinko, 2005).

El objetivo general es, dada la trascendencia para los agricultores y empresarios en general, de contar con innovaciones tecnológicas de alta rentabilidad, demostrar la aplicabilidad de metodologías diseñadas para la evaluación anterior y posterior a la implementación de las innovaciones tecnológicas como el presupuesto parcial y el modelo de excedentes, en términos de uso sencillo de información secundaria y/o primaria para generar indicadores del impacto socioeconómico de la aplicación de tales desarrollos. En este sentido, se formula la hipótesis general: es factible aplicar modelos de evaluación antes y después de los impactos económicos de cambios tecnológicos, para los cuales puede contribuir a la toma de decisiones gubernamentales, la hipotética liberación de papa genéticamente modificada en el Perú.

## METODOLOGÍA Y PROCEDENCIA DE LOS DATOS

La investigación se dirige a evaluar la aplicabilidad de los modelos de presupuesto parcial y de excedentes para medir los impactos económicos anteriores y posteriores derivados de la aplicación de

<sup>1</sup> [www.tecnociencia.es/especiales/transgenicos/6.htm](http://www.tecnociencia.es/especiales/transgenicos/6.htm)

<sup>2</sup> Ley 29811: Moratoria al ingreso de transgénicos. Congreso de la República del Perú.

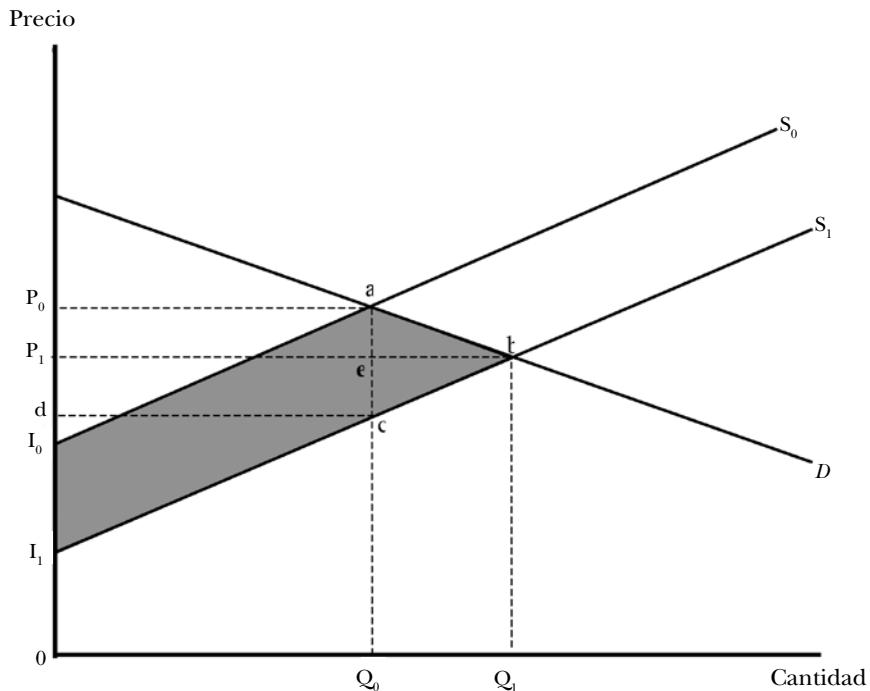
una nueva tecnología que afectará a productores y consumidores de papas. El caso bajo estudio, para la prueba de aplicabilidad de las metodologías, es la liberación de una hipotética semilla genéticamente modificada de papa, la papa *Bt*, con resistencia a polillas y nematodos, en el distrito de Huasahuasi, considerado la capital semillera de papa del Perú. Huasahuasi se ubica en la provincia de Tarma, región de Junín, en Perú. Para esto, se tomó información estadística de la Dirección Regional Agraria Junín del Ministerio de Agricultura del Perú, y de otras fuentes. Cabe señalar que Huasahuasi, entre las campañas del 2005 a 2008, ha sembrado en promedio 3219 hectáreas de papa por campaña, muchas de ellas destinadas a papa para semilla y, en menor proporción, a papa para consumo.

Respecto a las metodologías evaluadas, en el presupuesto parcial se evalúa el impacto de cambios puntuales en el proceso productivo sobre los costos y los ingresos (Horton, 1981, 1982; Vásquez, 1992; Falck-Zepeda, 2010). El objetivo es calcular el efecto de un cambio sobre los costos y la ganancia de la unidad productiva. Es decir, solo se calculan los cambios en costos por el hecho de introducir un cambio tecnológico o un cambio en la manera de dirigir la explotación. Igualmente, solo se evalúan las variaciones en los ingresos derivadas del cambio en cuestión; ello lo torna más ágil que el método de presupuesto total porque no evalúa todo el proceso ni toda la unidad, solamente se enfoca en los efectos marginales de los cambios tecnológicos. De ahí que Horton (1981) la considere una forma simple de análisis económico que compara los cambios en los costos y las retribuciones de las alternativas.

En una de las versiones simplificadas del modelo, los incrementos posibles de costos estarían dados por el costo de la introducción de la alternativa tecnológica, por ejemplo, una nueva semilla (a), y habría una reducción de costo por el abandono de la semilla que está usando actualmente el agricultor (b); entonces, el cambio relevante sería la diferencia entre ambos ( $c = a - b$ ). Paralelamente, se tendría una mayor productividad o rendimiento por hectárea derivados del uso de la nueva semilla (d) y una reducción de la productividad por el abandono de la semilla actual (f). El cambio relevante en productividad sería la diferencia entre ambas ( $g = d - f$ ). Multiplicada esta diferencia en productividad por el precio de la papa (h) tendría-

mos el valor del incremento en beneficios ( $i = g \times h$ ). Finalmente, se obtiene el beneficio-costo dividiendo el incremento en ingresos (beneficios) entre el incremento en costos ( $i/c$ ). Respecto a los excedentes económicos, la mayoría de los métodos para evaluarlos implica los impactos de los cultivos transgénicos en el bienestar social se basan en este enfoque formalizado por Alston et al. (1995). El total de excedente económico se define como la suma de los cambios causados por la innovación tecnológica en los excedentes de productores y consumidores. Alston et al. (1995) señalan que los beneficios de la investigación en una economía cerrada se grafican así:

**Tabla 1**  
**Distribución de los excedentes económicos en el modelo básico**  
**dados por los beneficios de la investigación**



D representa la demanda de un producto homogéneo.

$S_0$  y  $S_1$  representan, respectivamente, la oferta del producto antes y después de los cambios tecnológicos debido a la investigación.

Todas las curvas son definidas como flujos por unidad de tiempo,

generalmente un año. El equilibrio inicial es  $P_0$  y  $Q_0$ ; el final,  $P_1$  y  $Q_1$ .

Los beneficios totales (anuales) del cambio de la oferta inducida por las investigaciones es igual al área debajo de la curva de demanda y entre las dos curvas de oferta ( $\Delta TS = \text{área}_0 abI_1$ ).

Esta área puede ser vista como la suma de dos partes: (a) el ahorro del costo de la cantidad original (área de  $I_0 acI_1$ ) y (b) el excedente económico debido al incremento de producción y consumo (el área triangular  $abc$ , que es la diferencia entre el valor total del incremento en consumo –área  $Q_0 abQ_1$ – menos el costo total del incremento de producción –área  $Q_0 cbQ_1$ ).

Fuente: Alston, Norton y Pardey (1995).

Alternativamente, podemos dividir el beneficio total en beneficios del consumidor en términos de cambio en el excedente del consumidor ( $\Delta CS = \text{área}P_0 abP_1$ ) y beneficios del productor en términos de cambio en el excedente del productor ( $\Delta PS = \text{área}P_1 bI_1 - \text{área}P_0 aI_0$ ). Bajo supuestos especiales de un cambio paralelo en la oferta, el  $\text{áreadc}I_1 = \text{área}P_0 aI_0$  y el cambio en el excedente del productor es igual al beneficio neto de la producción total ( $\text{área}P_1 cd$ ) más la ganancia del incremento de producción de  $Q_0$  a  $Q_1$  ( $\text{áreas}abc$ ) para una ganancia del excedente total de productor. Estos efectos se pueden mostrar algebraicamente como sigue:

$$\Delta CS = P_0 Q_0 Z (1 + 0.5 Z \eta) \quad (1)$$

$$\Delta PS = P_0 Q_0 (K - Z) (1 + 0.5 Z \eta) \quad (2)$$

$$\Delta TS = \Delta CS + \Delta PS = P_0 Q_0 K (1 + 0.5 Z \eta) \quad (3)$$

$K$  es el cambio vertical de la función de oferta expresado como una proporción del precio inicial ( $K = P_0 - d/P_0$ ),  $\eta$  es el valor absoluto de la elasticidad de la demanda,  $\epsilon$  es igual a la elasticidad de la oferta y  $Z = \kappa\epsilon / (\epsilon + \eta)$  es la reducción en precio, relativo al valor inicial debido al cambio de la oferta.

En cuanto al modelo de excedentes económicos (Modexc) de Rivas, García, Seré, Jarvis, Sanint y Pachico (1999), este es un software útil tanto para evaluar tecnologías antes de su adopción como después de que se hayan adoptado y difundido. La ventaja es que el usuario no necesita construir la hoja de cálculo, solo se requie-

re ingresar los coeficientes en una hoja preparada en este software basado en Excel. Aparte de esta ventaja de eliminar la necesidad de preparación de una hoja de cálculo propia, el modelo permite calcular y analizar los beneficios derivados de un cambio tecnológico, medidos estos como los excedentes económicos de productores y consumidores. Además, dicho modelo permite estimar indicadores de rentabilidad social de las inversiones en investigación, ya que introduciendo al modelo los flujos anuales de las inversiones en investigación y desarrollo, se pueden estimar indicadores de rentabilidad social tales como el valor presente neto (VPN) (o valor actual neto), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio/costo (B/C).

Asimismo, en el Modelc se consideran explícitamente los desplazamientos de la demanda debidos a diferentes factores, como crecimiento de la población y el ingreso; esto permitirá discriminar tres tipos de beneficios para consumidores y productores: los debidos a la tecnología, los debidos a otros factores como el mercado principalmente, y los totales (la suma de los explicables por la tecnología y los debidos a otros factores). Es decir, una tecnología podría presentar beneficios totales negativos debido a que el mercado es desfavorable; sin embargo, la tecnología podría generar per se, beneficios positivos, reduciendo el efecto negativo del mercado.

Esto podría ocurrir porque la demanda crece más rápido que la oferta, con lo cual el precio de equilibrio tiende a subir cada vez más. La situación ha ocurrido efectivamente en la economía peruana: los ingresos de los consumidores han crecido sostenidamente desde el año 2002, con lo cual la demanda de alimentos y otros bienes ha tenido un auge sostenido que ha provocado el alza del precio de algunos bienes. Así ha sucedido con el pan, el cual, además, debido al encarecimiento del trigo, ha sufrido una elevación de costos y ha subido de 5 centavos de nuevo sol (S/.0.05) por unidad a 20 centavos de nuevo sol (S/.0.20) por unidad. Esto ha afectado negativamente el excedente del consumidor peruano. Si es que hubiera habido una tecnología ahoradora de costos de combustible, por ejemplo, tal vez el pan no se habría encarecido tanto. Supongamos que hubiera llegado a costar solo 10 centavos de nuevo sol, la tecnología hubiera generado un beneficio en forma de excedente para el consumidor al reducir el precio de equilibrio del nivel que finalmente alcanzó al

no existir la tecnología. Pero, finalmente, el consumidor de todos modos pagaría un precio mayor que el que pagaba en el 2002, con lo cual el excedente neto para el consumidor peruano termina siendo negativo. Es decir, la tecnología podría haber aminorado la pérdida de excedente del consumidor pero de todos modos se hubiera dado la pérdida de excedente por la subida del precio. Es probable que en la papa se dé este efecto debido al incremento de ingresos mencionado anteriormente y que se refleja en el crecimiento autónomo de la demanda (2.15%) superior al de la oferta (1.02%).

## **NATURALEZA COMPLEMENTARIA DE LOS MODELOS**

Estos modelos son complementarios, pues el modelo de presupuesto parcial brinda una imagen a corto plazo sobre la efectividad de la innovación tecnológica, la cual se evidencia en el coeficiente beneficio–costo, mientras que los modelos de excedentes nos dan una imagen de la eficiencia a largo plazo, pues nos proveen indicadores como el beneficio–costo para los diversos años, el valor actual neto de los excedentes, tanto para los consumidores como para los productores y la tasa interna de retorno de la inversión en la nueva tecnología. El software Modexc permite incorporar otras variables interesantes como la tasa de crecimiento externa de la producción o la demanda, con lo cual el modelo se torna más realista. Por otro lado, el modelo de presupuesto parcial provee elementos básicos para los análisis de largo plazo como las variaciones de costos y de ingresos derivados de la introducción de la nueva tecnología, los cuales son insumo para los modelos de excedentes de Alston et al. (1995), sea que se aplique sobre hojas de cálculo propias preparadas en Excel o en el software Modexc.

## **APLICACIÓN DE LOS MODELOS PARA EL CASO DE LA PAPA RESISTENTE A INSECTOS Y NEMATODOS EN HUASAHUASI**

En el modelo se consideran solo los efectos del cambio tecnológico en el mercado en el que se produce la innovación tecnológica; no se tienen en cuenta los efectos en otros mercados, tales como los

mercados de insumos. Consideramos los siguientes puntos: para el agricultor peruano, papero, conocemos las condiciones de partida (con uso de semilla convencional) y sus características; tenemos información secundaria del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y del Ministerio de Agricultura (MINAG), en cuanto a producción, precios y costos de la papa. A base de la información anterior, estamos en condiciones de sugerir una tasa de adopción, depreciación y la probabilidad de éxito y, a base de la aplicación de un método rápido como el del presupuesto parcial, analizamos la reducción de costos entre las dos alternativas de una semilla convencional de papa y una semilla mejorada. Nuestro modelo está basado en un conjunto de ecuaciones que describen el mercado para una economía cerrada y del cual se derivan un conjunto de fórmulas para calcular los excedentes de los consumidores, de los productores y el excedente total. Contrastamos el análisis en Excel con el análisis en el software Modexc. La idea es llevar a cabo un riguroso análisis de sensibilidad de los parámetros del modelo e introducir las consideraciones planteadas, estimando los excedentes anuales de los productores para el período 2012-2028. Se estimó el valor actual neto y la tasa interna de retorno por cada año de la simulación y en valor global.

Las fórmulas para los cambios del productor nacional y los excedentes de consumo utilizados en nuestro estudio serán tomadas de Falck-Zepeda (2010):

Cambio en el excedente del consumidor :  $\Delta CS = P_0 C_0 Z (1+0.5Z\eta)$

Cambio en el excedente del productor :  $\Delta PS = (K-Z) P_0 Q_0 (1+0.5Z\eta)$

Cambio en el excedente total :  $\Delta TS = \Delta PS + \Delta CS$

Tamaño proporcional del desplazamiento de la oferta:

$$K = \left| \frac{\Delta Y}{\varepsilon_a} - \frac{\Delta C}{(1 + \Delta Y)} \right| \times A \times R \times D$$

Donde:  $P_0$  = precio sin la innovación,  $Q_0$  = cantidad sin innovación,  $C_0$  = cantidad consumida sin la innovación,  $Z$  = variación de los precios

relacionados con la adopción de la nueva tecnología,  $\Delta Y$  = diferencia entre el rendimiento esperado de la papa transgénica y la papa convencional,  $\Delta C$  = diferencia de costos entre el costo esperado de la papa transgénica y los costos de la papa convencional,  $\varepsilon_a$  = elasticidad de oferta de la papa,  $\eta$  = elasticidad de demanda de la papa,  $A$  = tasa de adopción,  $R$  = probabilidad de éxito de la nueva semilla y  $D$  = tasa de depreciación.

Aplicamos el presupuesto parcial a la hipotética liberación de semilla de papa *Bt*, (que podría reducir el uso de plaguicidas y las aplicaciones de sustancias químicas), considerando los siguientes supuestos operativos: un aumento de hasta 50% en el costo de la nueva semilla (Buijs, Martinet, Mendiburu y Ghislain, 2006) en relación con la semilla certificada existente y un aumento de 20% en la producción (Aboites y Félix, 2011).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL PRESUPUESTO PARCIAL APLICADO A LA SEMILLA Bt (GM) DE PAPA BLANCA**

Con los datos de presupuesto de producción de papa blanca obtenidos del Ministerio de Agricultura, se realiza el análisis de rentabilidad, el cálculo de los beneficios netos y la relación beneficio-costo. En la Tabla 2, se indica que usando la papa *Bt*, el productor de Huasahuasi tendría un incremento de 20% en producción (según Aboites y Félix (2011) y opinión obtenida directamente del Dr. Enrique Fernández Northcote, líder nacional del Proyecto LAC Biosafety y miembro del Instituto de Biotecnología de la Universidad nacional agraria La Molina), esta sería el incremento en producción derivado de la eliminación de la reducción de pérdidas por la polilla, con un aumento de 7.7% de los costos de producción (por el mayor costo de la semilla *Bt*) y una reducción de costos en un 16% en el concepto fertilizantes y plaguicidas, porque la semilla *Bt*, no requiere plaguicidas.

**Tabla 2**  
**Análisis de rentabilidad**

| <b>Ánálisis de rentabilidad</b>                | <b>Semillas certificadas</b> |              | <b>Diferencia porcentual</b> |              |
|--|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|
|  | <b>Convencional</b>          | <b>G M</b>   |                              |              |
| <b>Rendimiento</b>                             | Kg/ha.                       | 18,000.00    | 21,602.00 + 20%              |              |
| Precio promedio consumo papa Enero-agosto 2009 | S/.                          | 0.60         | 0.60 0%                      |              |
| Ingreso estimado                               | S/.                          | 10,800.00    | 12,961.20 +20%               |              |
| Costos de producción                           | S/.                          | 8,268.68     | 8,860.35 +7%                 |              |
| Utilidad antes de G. financieros               | S/.                          | 2,531.32     | 4,100.35 +62%                |              |
| Gastos financieros (GF)                        | S/.                          | 1,852.18     | 1,984.72 +7%                 |              |
| Costo de producción con GF                     | S/.                          | 10,120.86    | 10,845.07 +7%                |              |
| Utilidad (después de GF)                       | S/.                          | 679.14       | 2,116.13                     |              |
| Rentabilidad                                   | %                            | 6.71         | 19.51 +191%                  |              |
| Precio de equilibrio                           | S/Kg.                        | 0.56         | 0.5 -11%                     |              |
| <hr/>  |                              |              |                              |              |
| <b>Detalle de costos por ítem</b>              | <b>Convencional</b>          |              | <b>Bt (GM)</b>               |              |
|  | <b>Costo</b>                 | <b>%</b>     | <b>Costo</b>                 | <b>%</b>     |
| Semilla  | 1,875.00                     | 24.45%       | 2,820.00                     | 34.1%        |
| Fertilizantes y plaguicidas                    | 2,316.00                     | 30.20%       | 1,934.50                     | 23.4%        |
| Mano de obra                                   | 1,824.00                     | 23.79%       | 1,824.00                     | 22.1%        |
| Mecanización                                   | 350.00                       | 4.56%        | 350.00                       | 4.24%        |
| Otros gastos                                   | 938.50                       | 12.24%       | 938.50                       | 11.4%        |
| Gastos varios                                  | 365.18                       | 4.76%        | 393.35                       | 4.76%        |
| <b>Total</b>                                   | <b>7,668.68</b>              | <b>100 %</b> | <b>8,260.35</b>              | <b>100 %</b> |

Fuente: elaboración propia a base de Dra. Junin, Agrobanco.

Al usar una nueva semilla resistente a insectos y nematodos, manteniendo los mismos precios promedio de venta, el ingreso aumentaría un 20%, con lo cual la rentabilidad neta crece de 6.71 a 19.51%, y el precio de equilibrio disminuiría en un 11% (precio de venta de S/ 0.56 a S/. 0.50 nuevos soles el kg). Con los datos de la Tabla 2 calculamos el indicador de rentabilidad beneficio-costo del análisis:

Cambio en beneficio (incremento de ingresos por la nueva semilla):

$$\Delta B = 12,961.20 - 10,800.00 = 2,161.20$$

Cambio en el costo (incremento de costos por la aplicación de la nueva semilla):

$$\Delta C = 8260.35 - 7668.68 = 591.67$$

$$\text{Beneficio} - \text{costo}: \Delta B / \Delta C = 2,161.20 / 591.67 = 3.65$$

Es decir, si se incrementa en un nuevo sol los costos por el uso de semilla modificada genéticamente resistente a nematodos y polilla, se obtiene un beneficio de 3.65 nuevos soles. Así, la inversión en semilla de papa blanca *Bt* genera un ingreso adicional al agricultor respecto a la semilla actual.

Se podría extrapolar el análisis a todo el distrito de Huasahuasi, es decir, a las 3219 ha dedicadas a la producción de papa, pero conviene analizar el cambio en 100 ha, correspondientes a los innovadores dispuestos a adoptar la nueva tecnología, algo más del 2.7% del total, siguiendo a Rogers (1995), lo que se refleja en la Tabla 3 y lo analizamos con el método del presupuesto parcial.

**Tabla 3**  
**Presupuesto parcial (100 hectáreas)**  
**Cambio propuesto: reemplazar 100 hectáreas de papa de semilla**  
**híbrida convencional por 100 hectáreas de semilla *Bt* (GM)**

| Cambios positivos                       | Valor     | Cambios negativos                     | Valor     |
|---|-----------|---------------------------------------|-----------|
| Ingreso adicional                       |           | Reducción en ingreso                  |           |
| 100 hectáreas de papa<br>GM x 21,602 Kg |           | 100 hectáreas de papa<br>convencional |           |
| Kg/ha x 0.60                            | 1'296,120 | 18,000 Kg x 0.60                      | 1'080,000 |
| Reducción de los costos                 | 766,868   | Costos adicionales                    | 826,035   |
| Variación del ingreso                   |           | Variación del costo                   |           |
| Beneficio:                              | \$216,120 |                                       | \$59,167  |
| Beneficio-Costo:                        |           | 3.65                                  |           |

Fuente: elaboración propia.

Los que adopten la nueva tecnología se verían beneficiados con un incremento en su ingreso de S/. 216,120 nuevos soles al introducir una semilla GM, y dado que el incremento total de costos llegaría a 59,167 nuevos soles en estas 100 hectáreas, se lograría un beneficio-costo del cambio tecnológico de 3.65, es decir, por cada nuevo sol invertido se obtendría 3.65. El análisis tradicional de rentabilidad también es positivo, pues al incluir todos los costos, el beneficio por hectárea asciende a 2,116.13 nuevos soles, triplicando los 679.14 nuevos soles que obtienen con la semilla convencional. El ratio beneficio costo para las 100 hectáreas sigue siendo 3.65, o sea se sigue obteniendo 3.65 nuevos soles invirtiendo un nuevo sol en la semilla *Bt*, con ello se puede decir que la adopción de la nueva semilla *Bt* es altamente rentable para el productor de papa. Como se infiere, el método de presupuesto parcial es de fácil aplicación, los valores de las variables relevantes (situación de partida y cambios en ingresos y costos) pueden ser obtenidos de fuentes secundarias (del país o del extranjero), o bien por entrevistas a expertos o encuestas a productores. Igualmente, se generan indicadores de rentabilidad que pueden servir para la toma de decisiones por empresarios o entidades públicas.

## **EXCEDENTES ECONÓMICOS DE PRODUCTORES Y CONSUMIDORES**

Para el análisis de los efectos socioeconómicos de liberar una semilla GM (*Bt*) usando el método de excedentes económicos, se ha usado Excel, con los siguientes criterios: el precio mínimo es 426 nuevos soles por tonelada, obtenido del costo de producción por ha (7,668.68) con la semilla actual dividido por el rendimiento de esta semilla (18 t/ha). Se considera la elasticidad precio de la demanda de Maximixe Consult (2008), pues es una fuente independiente confiable y el valor es -0.4 (es decir, ante un incremento de precio del 1% el demandante reducirá la cantidad demandada en sólo 0.4%). La elasticidad precio de la oferta es tomada del Ministerio de Agricultura (2010), con un valor de 0.2, lo cual significa que ante un incremento de precio del 1% el ofertante apenas incrementará su cantidad ofertada en 0.2%. Para la estimación del valor actual neto (VAN) de los cambios en excedentes deducida la inversión en la generación y transferencia de la nueva semilla, se considera la tasa

social de descuento (TSD) de 10%. La probabilidad de éxito es de 85% y de adopción 90%, según conversación con expertos en evaluación del cambio tecnológico para la agricultura (José Falck Zepeña, del International Food Policy Research Institute, y Guy Hareau, del Centro Internacional de la Papa).

Para el valor de la inversión para este tipo de investigación se consultó a expertos de Perú (Guy Hareau, del Centro Internacional de la Papa, Rolando Egúsquiza, de la Universidad Nacional Agraria La Molina, y Salomón Pérez, del Centro Internacional de Agricultura Tropical de Colombia) y se promedian los montos que ellos mencionan obteniendo la cifra de 1 millón de soles anual multiplicado por 6 años como gasto en investigación, y 300 mil soles por 3 años como gasto en transferencia. Las exportaciones e importaciones de papas no son representativas, entonces se considera un modelo de economía cerrada. No hay depreciación al tratarse de una tecnología nueva.

**Tabla 4**  
**Rendimientos, tasa de interés, probabilidad de éxito,  
elasticidades, inversión y tasa de adopción**

| Concepto                                | Semilla actual | Semilla mejorada | Diferencia | Cambio % |
|---|----------------|------------------|------------|----------|
| Rendimiento (Kg/ha)                     | 18,000.00      | 21,602.00        | 3,602.00   | 20.01    |
| Precio (S/kg)                           | 0.60           | 0.60             | 0.00       |          |
| Ingreso bruto ( S/ha)                   | 10,800.00      | 12,961.00        | 2,161.00   | 20.01    |
| Costos de producción ( S/ha)            | 7,668.68       | 8,260.35         | 591.67     | 7.72     |
| Ingresa neto( S/ha)                     | 679.14         | 2,116.13         | 1,436.99   | 211.59   |
| Superficie (ha)                         | 3,219.00       |                  |            |          |
| Elasticidad de oferta                   | 0.2            |                  |            |          |
| Elasticidad de demanda                  | -0.4           |                  |            |          |
| Tasa de interés (%) <sup>4</sup>        | 10.00          |                  |            |          |
| Probabilidad éxito (%)                  | 85.00          |                  |            |          |
| Inversión en investigación <sup>5</sup> | 1 millón soles |                  |            |          |
| Inversión en transferencia <sup>6</sup> | 300 mil soles  |                  |            |          |
| Tasa máxima de adopción (%)             | 2.80           |                  |            |          |

Fuente: elaboración propia a base de información suministrada por el Ministerio de Agricultura, el Sistema Nacional de Inversión Pública y Rogers (1995) y Falck-Zepeda (2010).

<sup>4</sup> Tasa social de descuento según el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP).

<sup>5</sup> Promedio de inversión en investigación de nueva semilla por un período de 6 años.

<sup>6</sup> Promedio de inversión en transferencia de nueva semilla por un período de 3 años.

En la Tabla 5 se muestra que el desplazamiento proporcional de la oferta ( $K$ ) es mayor conforme más productores adoptan la semilla *Bt*, y la cantidad de papa ofertada crecerá e incidirá en la variabilidad de los precios. En dicha tabla observamos en la columna 4, el  $K$  potencial que vendría a ser lo máximo que se trasladaría la curva de oferta si la tasa de adopción y la probabilidad de éxito fuese el 100%. En la columna 8 se señala que el traslado máximo de la oferta, es decir,  $K$ , es menor que el  $K$  potencial influenciado por la probabilidad de éxito (85%) y la tasa de adopción. El desplazamiento proporcional de la oferta ( $K$ ) es más acentuado conforme más productores adopten la nueva tecnología, es decir, que desde un valor proporcional de 2.2% en el primer año (2018) que se aplica la nueva tecnología, la curva de oferta variará proporcionalmente hasta 71.6% en el décimo año (2028); esto es, se va abriendo de manera divergente hasta que el 90% de los productores de papa de Huasahuasi adoptan la nueva semilla *Bt*, lo cual ocasiona que la cantidad de papa ofertada sea relativamente mayor a un precio menor.

En la misma tabla se revela que el impacto de la variación de los precios relacionado con la nueva tecnología, desde el primer año que se aplica la semilla *Bt*, va a tener (cada vez que aumente el número de productores adoptantes de la nueva semilla *Bt*) un peso mayor en la reducción de los precios. Esta variación de precios que en el primer año (2018) sería solo de 0.007, debido a que el 2.78% de los productores de la zona adoptan la nueva semilla, llegaría hasta un cambio de 0.239, si el 90% de los paperos de Huasahuasi siembra la semilla *Bt*. Por lo tanto, los precios, en un primer momento, se mantendrían casi estables, debido al reducido número de adoptantes de la nueva semilla; en cambio, el precio podría tener una reducción de hasta 23.9% si el cambio tecnológico es asumido por la mayoría de agricultores.

De otra parte, la simulación de excedentes del productor, consumidor y el VAN, se muestra en la Tabla 6. A partir de la proyección de los parámetros básicos, se ha generado la simulación para obtener los excedentes del productor, del consumidor y los cálculos del VAN, para una inversión en generación de semilla mejorada genéticamente de 1 millón de nuevos soles anuales durante 6 años, con una inversión anual en transferencia de 300 mil nuevos soles anuales durante 3 años, que arroja un VAN de aproximadamente 118 millones de nuevos soles. La inversión es rentable, ya que desde el primer año se obtiene un VAN de 475,828.68 nuevos soles.

**Tabla 5**  
**Cálculo del tamaño proporcional del desplazamiento de la oferta (K)**  
**y la variación de los precios relacionados con la semilla Bt**

| Año  | Cambios equivalentes rendimiento | Cambio equivalente costos | K Potencial cambio neto costos de insumos | Probabilidad de éxito | Tasa de adopción | Tasa de depreciación | Desplazamiento proporcional de la oferta | K     | Reducción del precio |
|------|----------------------------------|---------------------------|---|-----------------------|------------------|----------------------|--|-------|----------------------|
| 2018 | 1.001                            | 0.064                     | 0.936                                     | 0.85                  | 0.03             | 1                    | 0.022                                    | 0.007 |                      |
| 2019 | 1.001                            | 0.064                     | 0.936                                     | 0.85                  | 0.16             | 1                    | 0.127                                    | 0.042 |                      |
| 2020 | 1.001                            | 0.064                     | 0.936                                     | 0.85                  | 0.50             | 1                    | 0.398                                    | 0.133 |                      |
| 2021 | 1.001                            | 0.064                     | 0.936                                     | 0.85                  | 0.84             | 1                    | 0.668                                    | 0.223 |                      |
| 2022 | 1.001                            | 0.064                     | 0.936                                     | 0.85                  | 0.85             | 1                    | 0.676                                    | 0.225 |                      |
| 2023 | 1.001                            | 0.064                     | 0.936                                     | 0.85                  | 0.86             | 1                    | 0.684                                    | 0.228 |                      |
| 2024 | 1.001                            | 0.064                     | 0.936                                     | 0.85                  | 0.87             | 1                    | 0.692                                    | 0.231 |                      |
| 2025 | 1.001                            | 0.064                     | 0.936                                     | 0.85                  | 0.88             | 1                    | 0.700                                    | 0.233 |                      |
| 2026 | 1.001                            | 0.064                     | 0.936                                     | 0.85                  | 0.89             | 1                    | 0.708                                    | 0.236 |                      |
| 2027 | 1.001                            | 0.064                     | 0.936                                     | 0.85                  | 0.90             | 1                    | 0.716                                    | 0.239 |                      |
| 2028 | 1.001                            | 0.064                     | 0.936                                     | 0.85                  | 0.90             | 1                    | 0.716                                    | 0.239 |                      |

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 6**  
**Excedentes del productor; consumidor; totales; costos de investigación, beneficios netos y VAN**

| Año  | Cambio en excedente total | Cambio excedente productor | Cambio excedente consumidor | Costos de investigación | Costos de transferencia | Beneficios netos | Valor actual neto (TSD 10%) |
|------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|-----------------------------|
| 2012 |                           |                            |                             | 1000000                 |                         | -1000000         | -1771561                    |
| 2013 |                           |                            |                             | 1000000                 |                         | -1000000         | -1610510                    |
| 2014 |                           |                            |                             | 1000000                 |                         | -1000000         | -1464100                    |
| 2015 |                           |                            |                             | 1000000                 |                         | -1000000         | -1331000                    |
| 2016 |                           |                            |                             | 1000000                 |                         | -1000000         | -12100000                   |
| 2017 |                           |                            |                             | 1000000                 |                         | -1000000         | -1100000                    |
| 2018 | 775828                    | 517219                     | 258609                      |                         | 300000                  | 475828           | 475828                      |
| 2019 | 4464308                   | 2976205                    | 1488102                     |                         | 300000                  | 4164308          | 3785734                     |
| 2020 | 14200502                  | 9467001                    | 4733500                     |                         | 300000                  | 13900502         | 11488018                    |
| 2021 | 24276071                  | 16184047                   | 8092023                     |                         |                         | 24276071         | 18238971                    |
| 2022 | 24577548                  | 16385032                   | 8192516                     |                         |                         | 24577548         | 16786796                    |
| 2023 | 24879320                  | 16586213                   | 8293106                     |                         |                         | 24879320         | 15448100                    |
| 2024 | 25181385                  | 16787590                   | 8393795                     |                         |                         | 25181385         | 14214235                    |
| 2025 | 25483743                  | 16989162                   | 8494581                     |                         |                         | 25483743         | 13077190                    |
| 2026 | 25786396                  | 17190930                   | 8595465                     |                         |                         | 25786396         | 120295445                   |
| 2027 | 26089341                  | 17392894                   | 8696447                     |                         |                         | 26089341         | 11064427                    |
| 2028 | 26089341                  | 17392894                   | 8696447                     |                         |                         | 26089341         | 10058570                    |
|      |                           |                            |                             |                         |                         | VAN BN           | 118180248.2                 |

Fuente: elaboración propia.

Los excedentes del productor, consumidor y los totales van en aumento en relación con el aumento de la productividad que se obtiene al aplicar la semilla *Bt*, siendo los productores quienes se benefician más, ya que el incremento en sus excedentes son casi el doble en relación con los excedentes de los consumidores. Los productores que aplican la nueva semilla, en el primer año llegan a tener un incremento en sus beneficios de 517,219.12 nuevos soles; si adoptan en su mayoría (90%) la semilla *Bt*, los beneficios llegarían a un monto de 17,3 millones de nuevos soles, es decir, respecto a sus beneficios iniciales, al final de los 10 años, serían hasta 33 veces mayores, lo cual totaliza un excedente para los agricultores durante todo el periodo de 147,8 millones de soles. Los consumidores se favorecen, pues incrementan sus beneficios desde 258,609.56 nuevos soles hasta 8,696,447.24 nuevos soles, acumulando en el periodo 73,9 millones de nuevos soles, con lo que el excedente total para la sociedad llega a 221,8 millones de nuevos soles. En síntesis, los productores obtendrían el 66.6 por ciento de los excedentes totales y los consumidores el 33.3 por ciento.

Los excedentes crecen al aumentar la productividad con la semilla *Bt*, y los productores obtienen un incremento en sus excedentes de casi el doble respecto al de los consumidores. La inversión es rentable socialmente, pues el VAN de los excedentes de productores y consumidores asciende a S/. 118 millones. En cuanto al método, podemos señalar que, al igual que el presupuesto parcial, el modelo de excedentes se puede preparar con coeficientes existentes en las bases de datos generadas por instituciones públicas que podrían ser, como en este caso, el Ministerio de Agricultura o, en otros casos, el Programa Nacional de Papa, Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Instituto Nacional de Estadística e Informática, instituciones privadas como Maximize o internacionales como el Centro Internacional de la Papa.

## **MODELO DE EXCEDENTES ECONÓMICOS CON EL SOFTWARE MODEXC**

Este método considera, además del cambio tecnológico, otros factores como el crecimiento autónomo de la demanda y de la oferta, influenciadas a su vez por las tasas de crecimiento de la población

y del ingreso. Considera una función logística que permite apreciar el desplazamiento de la oferta según se va adoptando la semilla *Bt* en este análisis.

**Tabla 7**  
**Valores iniciales**

|                                      |              |          |            |
|--------------------------------------|--------------|----------|------------|
| Elasticidad de la oferta             | 0.20         | Producto | Papa Bt    |
| Elasticidad de la demanda            | -0.40        | Región   | Huasahuasi |
| Precio mínimo                        | 426.00       | Fecha    | 15-nov-11  |
| Cantidad inicial                     | 57.90        |          |            |
| Precio inicial                       | 600.00       | Economía | Cerrada    |
| Inversión en semilla<br>(6 años)     | 1'000,000.00 |          |            |
| Inversión en transferencia           | 300,000.00   |          |            |
| Incremento autónomo de la<br>demanda | 2.15%        |          |            |
| Incremento autónomo de la<br>oferta  | 1.02%        |          |            |

Fuente: elaboración propia en conjunto con la información del Ministerio de Agricultura, el Sistema Nacional de Inversión Pública, Rogers (1995) y Falck-Zepeda (2010).

Para usar este *software*, se toman los mismos criterios y datos que se usaron con el modelo en Excel, pero se adiciona el crecimiento autónomo de la demanda y de la oferta. Según lo descrito, el modelo nos permite incorporar los valores iniciales o básicos, como los parámetros de oferta y demanda, así como el tipo de economía (abierta o cerrada, en nuestro caso: cerrada) tal como se observa en la Tabla 7.

En la Tabla 8 se presentan los parámetros para la estimación de la función de adopción logística de la tecnología.

**Tabla 8**  
**Función logística**

|                              |      |
|------------------------------|------|
| Probabilidad de éxito (p<=1) | 0.85 |
| % Adopción (1)               | 2.78 |
| Tiempo (año 1)(1)            | 0    |
| % Adopción (2)               | 90   |
| Tiempo (año 20) (2)          | 10   |
| Asíntota                     | 2    |

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 9 presenta los resultados de las simulaciones. Muestra que las cantidades se incrementarían, solo por cambios autónomos, en un 28%; y con la nueva tecnología, el aumento en la producción de papas en el periodo previsto de 20 años para el distrito de Huasahuasi sería 36% más que lo logrado sin el cambio.

**Tabla 9**  
**Puntos de equilibrio de las cantidades y el precio**  
**Valores del factor (K) de desplazamiento**

| Año | Cantidad (Q)<br>sin tecnología | Precio (P) sin<br>tecnología | Cantidad (Q <sub>1</sub> )<br>con tecnología | Precio (P <sub>1</sub> )<br>con tecnología | k    |
|-----|--------------------------------|------------------------------|--|--|------|
| 0   | 57.9                           | 600                          | 57.9   | 600  | 1    |
| 1   | 58.7                           | 608.8                        | 58.8   | 606.3                                      | 1.01 |
| 2   | 59.4                           | 617.8                        | 59.7   | 611  | 1.04 |
| 3   | 60.2                           | 627                          | 60.7   | 613.2                                      | 1.08 |
| 4   | 61                             | 636.5                        | 61.9   | 612.1                                      | 1.15 |
| 5   | 61.8                           | 646.2                        | 63.3   | 608  | 1.25 |
| 6   | 62.5                           | 656.2                        | 64.7   | 602.8                                      | 1.39 |
| 7   | 63.3                           | 666.4                        | 66.1   | 598.9                                      | 1.55 |
| 8   | 64.1                           | 676.8                        | 67.4   | 598.3                                      | 1.69 |
| 9   | 65                             | 687.5                        | 68.5   | 601.3                                      | 1.8  |
| 10  | 65.8                           | 698.4                        | 69.6   | 607.4                                      | 1.88 |
| 11  | 66.6                           | 709.6                        | 70.5   | 615.6                                      | 1.92 |
| 12  | 67.4                           | 721                          | 71.4   | 625  | 1.95 |
| 13  | 68.3                           | 732.6                        | 72.3   | 635.3                                      | 1.96 |

| Año | Cantidad (Q)<br>sin tecnología | Precio (P) sin<br>tecnología | Cantidad (Q <sub>1</sub> )<br>con tecnología | Precio (P <sub>1</sub> )<br>con tecnología | <i>k</i> |
|-----|--------------------------------|------------------------------|--|--|----------|
| 14  | 69.1                           | 744.6                        | 73.1   | 646.3                                      | 1.97     |
| 15  | 70                             | 756.8                        | 74   | 657.7                                      | 1.97     |
| 16  | 70.8                           | 769.2                        | 74.9   | 669.4                                      | 1.97     |
| 17  | 71.7                           | 781.9                        | 75.8   | 681.4                                      | 1.97     |
| 18  | 72.6                           | 794.9                        | 76.7   | 693.7                                      | 1.97     |
| 19  | 73.5                           | 808.2                        | 77.6   | 706.2                                      | 1.97     |
| 20  | 74.4                           | 821.8                        | 78.5   | 719  | 1.98     |

Fuente: elaboración propia con el software Modexc.

Respecto a los precios, se incrementarían en casi 37%, sin introducir la semilla GM; pero con la liberación de la semilla *Bt*, el aumento solo llega a casi 20% en el periodo analizado (lo cual se traducirá en una reducción de la pérdida del excedente económico del consumidor o, si lo vemos positivamente, en un incremento del excedente del consumidor). El valor del factor de desplazamiento de la oferta (*K*), nos muestra que el desplazamiento de la oferta es casi pivotal divergente, ya que según se va adoptando la semilla *Bt*, la oferta se va desplazando de una manera más abierta por un aumento en la producción y una reducción en los costos a través del periodo, hasta llegar a un punto máximo en el décimo año donde ya el 90% de los productores de papas de la zona han adoptado la nueva semilla. A raíz de la liberación de la papa *Bt*, los excedentes totales son significativos (columnas 8, 9 y 10 de la Tabla 10) y los productores son los mayores beneficiados.

En relación con el valor actual neto (VAN) de los excedentes para toda la sociedad derivados del uso de la semilla *Bt*, la nueva semilla permitirá crear más valor a los productores, que en términos reales obtendrían un VAN de excedentes superior a 37 millones, debido a la nueva tecnología; aunque el mercado favorable les permite obtener 81.6 millones de excedentes. Los ingresos anuales de excedentes para el productor correspondientes a la semilla de papa *Bt* serían en promedio 4.37 millones de nuevos soles, aunque sus ingresos por excedentes anuales ascienden a 9.5 millones de nuevos soles.

**Tabla 10**  
**Flujo de excedentes anuales, VAN y anualidades**

| Año | Excedente al consumidor |             |        | Excedente al productor |             |       | Excedente total |             |       |
|-----|-------------------------|-------------|--------|------------------------|-------------|-------|-----------------|-------------|-------|
|     | Total                   | Tecnológico | Otros  | Total                  | Tecnológico | Otros | Total           | Tecnológico | Otros |
| 0   | 0                       | 0           | 0      | 0                      | 0           | 0     | 0               | 0           | 0     |
| 1   | -370                    | 146         | -516   | 789                    | 178         | 611   | 419             | 324         | 95    |
| 2   | -658                    | 408         | -1066  | 1752                   | 500         | 1252  | 1094            | 908         | 186   |
| 3   | -803                    | 840         | -1642  | 2979                   | 1064        | 1916  | 2177            | 1903        | 273   |
| 4   | -753                    | 1501        | -2254  | 4558                   | 1948        | 2610  | 3805            | 3448        | 356   |
| 5   | -512                    | 2385        | -2898  | 6493                   | 3160        | 3332  | 5980            | 5546        | 435   |
| 6   | -182                    | 3394        | -3576  | 8631                   | 4547        | 4084  | 8449            | 7941        | 508   |
| 7   | 71                      | 4363        | -4292  | 10715                  | 5847        | 4868  | 10786           | 10210       | 576   |
| 8   | 114                     | 5158        | -5044  | 12557                  | 6875        | 5682  | 12671           | 12033       | 638   |
| 9   | -92                     | 5744        | -5836  | 14123                  | 7592        | 6531  | 14031           | 13337       | 695   |
| 10  | -514                    | 6153        | -6667  | 15479                  | 8067        | 7412  | 14965           | 14220       | 744   |
| 11  | -1098                   | 6441        | -7539  | 16708                  | 8381        | 8327  | 15610           | 14822       | 787   |
| 12  | -1800                   | 6655        | -8454  | 17878                  | 8601        | 9277  | 16078           | 15255       | 823   |
| 13  | -2588                   | 6827        | -9415  | 19031                  | 8765        | 10265 | 16443           | 15593       | 850   |
| 14  | -3440                   | 6980        | -10421 | 20189                  | 8898        | 11291 | 16748           | 15878       | 870   |
| 15  | -4351                   | 7124        | -11475 | 21369                  | 9014        | 12355 | 17018           | 16138       | 880   |
| 16  | -5314                   | 7264        | -12578 | 22580                  | 9121        | 13460 | 17266           | 16384       | 882   |

| Año   | Excedente al consumidor |             |        | Excedente al productor |             |       | Excedente total |             |       |
|-------|-------------------------|-------------|--------|------------------------|-------------|-------|-----------------|-------------|-------|
|       | Total                   | Tecnológico | Otros  | Total                  | Tecnológico | Otros | Total           | Tecnológico | Otros |
| 17    | -6328                   | 7404        | -13732 | 23827                  | 9222        | 14605 | 17499           | 16626       | 873   |
| 18    | -7393                   | 7547        | -14940 | 25113                  | 9319        | 15794 | 17720           | 16866       | 854   |
| 19    | -8508                   | 7694        | -16203 | 26440                  | 9413        | 17027 | 17932           | 17107       | 824   |
| 20    | -9676                   | 7845        | -17521 | 27810                  | 9506        | 18304 | 18134           | 17351       | 783   |
| VAN   | -11626                  | 28820       | -40447 | 81666                  | 37206       | 44460 | 70040           | 66027       | 4013  |
| Anual | -1366                   | 3385        | -4751  | 9592                   | 4370        | 52922 | 8227            | 7755        | 471   |

Fuente: elaboración propia con el software MODEXC.

Por otro lado, los consumidores obtendrán un VAN de excedentes de 28.8 millones de nuevos soles por la nueva tecnología, lo cual mitigaría las pérdidas de excedentes que ascenderían a 40.4 millones sin la nueva tecnología, y con la nueva tecnología sólo ascenderían a 11.6 millones. El VAN de excedentes totales correspondientes a la semilla de papas *Bt* es de unos 66 millones de nuevos soles, pero por la dinámica del mercado asciende a 70 millones de nuevos soles.

Evidentemente, el Modexc es factible de ser aplicado con la información disponible en nuestro país; por otro lado, permite generar indicadores sobre la eficiencia económica a largo plazo de la innovación bajo análisis.

**Tabla 11**  
**Análisis conjunto de aplicabilidad de los modelos**

| Modelo<br>Criterio                         | Presupuesto<br>parcial | Excedentes<br>en Excel | Excedentes<br>en Modexc |
|--|------------------------|------------------------|-------------------------|
| Disponibilidad de los datos                | Cumple                 | Cumple                 | Cumple                  |
| Generación de indicadores<br>de evaluación | Cumple                 | Cumple                 | Cumple                  |
| Facilidad de comprensión                   | Cumple                 | Cumple                 | Cumple                  |

Fuente: elaboración propia.

En síntesis, tanto el presupuesto parcial como el modelo de excedentes, sea en la hoja de cálculo Excel o en el software Modexc, cumplen con manejar información fácilmente accesible en las instituciones públicas o privadas del País, así como con generar indicadores de evaluación de rentabilidad que sean fácilmente comprensibles para los ejecutivos empresariales o los tomadores de decisiones que laboran en el Gobierno.

## CONCLUSIONES

Los métodos de presupuesto parcial, modelo de excedentes en Excel y en el software Modexc, son adecuados para la evaluación anterior al impacto socioeconómico de la liberación de semillas genéticamente modificadas de papas en el Perú, por su sencillez y fácil

manejo. Lo más interesante de estas metodologías es que pueden ser aplicadas en cualquier sector productivo en el cual se desee probar una nueva tecnología, sea agrícola, industrial o de servicios. Además existe información en las instituciones públicas o es factible obtenerla mediante entrevistas o encuestas realizadas a expertos o productores. Es conveniente usar estas metodologías en forma conjunta por su naturaleza complementaria, tanto en la generación y uso de datos como en los resultados a corto y largo plazo.

La prueba de estos métodos para el caso de la papa *Bt* con resistencia a polillas (*Pthorimaeia operculella*) y nematodos (*Globodera rostochiensis* y *Globodera pallida*) en Huasahuasi, región de Junín, arroja resultados aceptables, con excedentes para consumidores y productores, aunque un poco más para los productores (56%). El beneficio para los consumidores (44% de los nuevos excedentes) se da por la reducción del precio de venta y la ampliación del volumen del producto puesto a su disposición por el desplazamiento hacia afuera de la curva de oferta. Estas metodologías pueden brindar información útil para que los científicos sociales y los economistas generen información destinada a que los reguladores elaboren la reglamentación sobre bioseguridad y de paso se entienda el papel de esta tecnología en el desarrollo sostenible.

## RECOMENDACIONES

Sería conveniente incorporar a estos métodos de presupuesto parcial y modelo de excedentes, criterios de riesgo, aplicando software como el @risk, el Simular o el Dream para contar con una visión más adecuada de los efectos de la aplicación de una nueva tecnología en la evolución de un negocio de alto riesgo como el agrícola, sea en la producción de semilla o en la de bienes de consumo final.

## REFERENCIAS

- Aboites, G. y Félix, G. (2011). *Centroamérica: uso de semillas genéticamente modificadas e incremento del ingreso de los agricultores*. México: Comisión Económica para América Latina (CEPAL).
- Alston, J. M., Norton, G. W. y Pardey, P. G. (1995). Science under scarcity: Principles and practice for agricultural research evaluation and priority setting. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Buijs, J., Martinet, M., de Mendiburu, F. y Ghislain, M. (2006). Potential adoption and management of insect-resistant potato in Peru, and implications for genetically engineered potato. *Environmental Biosafety Research*, 4, 179-188.
- Devaux, A., Ordinola, M., Hibon, A. y Flores, R. (2010). *El sector papa en la región andina. Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú)*. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa.
- Diez, R. y Echevarría, N. (2011). Impacto económico del uso de semilla certificada de papa (*Solanum tuberosum L.*) cultivar Canchán, Distrito de Huasahuasi, provincia de Tarma, región Junín, Campaña Agrícola 2006-2007. (Artículo científico aprobado y en espera de publicación por la revista *Anales Científicos de la Universidad Nacional Agraria La Molina*).
- Falck-Zepeda, J., Barreto-Triana, N., Baquero, I., Espitia, E., Fierro, H. y López, N. (2006). An exploration of the potential benefits of integrated pest management systems and the use of insect resistant potatoes to control the Guatemalan tuber moth (*Tecia solanivora Povolny*) in Ventaquemada, Colombia. *EPT Discussion Paper 152*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Falck Zepeda, J. (2010). *Inclusion of socio economic considerations in bio-safety decision making: Governance and implementation issues*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Ghislain, M. (2008). *La biotecnología moderna para el control del estrés biótico y su impacto ambiental en papa*. Trabajo presentado en la Conferencia ALAP, Mar del Plata, Argentina. Recuperado de <http://www.papaslatinas.org/alap/Nuevos%20archivos/CONFERENCIAS/ Marc%20Ghislain.pdf>

- Hareau, G., Mills, B. F. y Norton, G. W. (2006). *Arroz transgénico en Uruguay: un modelo de simulación para estimar los beneficios económicos potenciales*. Serie Técnica N° 153. Montevideo, Uruguay: INIA.
- Fano, H. y Achata, A. (1992). *Métodos y técnicas de la investigación en finca: la experiencia de las Ciencias Sociales en el CIP. Guía de Investigación 20*. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa.
- Fonseca, C., Zuger, R., Walker, T. y Molina, J. (2002). Estudio de impacto de la adopción de las nuevas variedades de camote liberadas por el INIA, en la costa central, Perú. Caso del valle Cañete. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa.
- Faostat (2007). *Faostat*. Recuperado de <http://faostat.fao.org>
- French, J. (1989). Métodos de análisis económico para su aplicación en el manejo integrado de plagas. *Manejo Integrado de Plagas*, 12, 48-66.
- Horton, D. (1981). *Análisis de presupuesto parcial para ensayos de papa a nivel de campo*. Departamento de Ciencias Sociales, Documento de entrenamiento 1981 - 2. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa.
- Horton, D. (1982). Análisis de presupuesto parcial para a investigación en papa al nivel de finca. *Boletín de información técnica 16*. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa.
- Huang J., Rozelle S., Pray C. y Wang Q. (2002). Plant biotechnology in China. *Science*, 295, 674-677.
- Kolady, D. E. y Lesser, W. (2006). Who adopts what kind of technologies? The case of Bt eggplant in India. *AgBioForum* 9(2), 94–103.
- Kolady, D. E. y Lesser, W. (2008). Can owners afford humanitarian donations in agbiotech? The case of genetically engineered eggplant in India. *Electronic Journal of Biotechnology*, 11(2), 1–8.
- Kolady, D. E. y Lesser, W. (2008). Is genetically engineered technology a good alternative to pesticide use?: The case of GE eggplant in India. *International Journal of Biotechnology*, 10(2-3), 132-147.
- Krishna, V. V. y Qaim, M. (2007). Potential impacts of Bt eggplant on economic surplus and farmers health in India. *Agricultural Economics*, 38, 167-180.
- Madigan, M. y Martinko, J. (Eds.). (2005). *Brock Biology of Microorganisms* (11th edition). New Jersey: Prentice Hall.

- Mamaril, C. B. y Norton, G. W. (2006). Economic evaluation of transgenic pest resistant rice in the Philippines and Vietnam. *Quarterly Journal of International*, 45(2), 127-144.
- Maximize Consult. (2008). *Factores determinantes para el incremento del consumo de papa en el Perú*. Informe para uso confidencial del Ministerio de Agricultura del Perú. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/106362640/Factores-Determinantes-Incrementar-Consumo-Papa>
- Ministerio de Agricultura. (2010). *Plan estratégico sectorial multianual actualizado del Ministerio de Agricultura. (2007-2011)*. Lima, Perú: Unidad de Política Sectorial, Oficina de planeamiento y presupuesto del Ministerio de Agricultura del Perú.
- Perrin, R. K. (1976). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*. México D.F., México: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
- Qaim, M. y Von Braun, J. (1998). Crop biotechnology in developing countries: A conceptual framework for ex ante economic analyses. *ZEF-Discussion Papers on Development Policy, No. 3*. Bonn, Alemania: Center for Development Research.
- Qaim, M. y Zilberman, D. (2003). Yield effects of genetically modified crops in developing countries. *Science*, 299(5608), 900-902.
- Qaim, M. y Traxler, G. (2005). Roundup ready soybeans in Argentina: Farm level and aggregate welfare effects. *Agricultural Economics*, 32(1), 73-86.
- Traxler, G., Godoy-Avila, S., Falck-Zepeda, J. y Espinoza-Arellano, J. J. (2003). Transgenic cotton in Mexico: Economic and environmental impacts of the first generation biotechnologies. En N. Kalaitzandonakes (Ed.), *The economic and environmental impacts of agbiotech: A global perspective* (pp. 183-202). New York: Kluwer Academic/Plenum.
- Traxler, G. y Godoy-Avila, S. (2004). Transgenic cotton in Mexico. *AgBioForum*, 7(1-2), 57-62.
- Rivas, L., García, J., Seré, C., Jarvis, L., Sanint, L. R. y Pachico, D. (1999). *Economic Surplus Analysis Model (MODEXC)*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical.

- Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of innovations*. New York, NY: The Free Press Macmillan.
- Varona, A. (2011). *Análisis de Metodologías de Evaluación ex – ante de los costos y beneficios de la liberación de Organismos Genéticamente Modificados en Perú*. Lima, Perú. (Tesis para optar el título de Economista). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.
- Vásquez, V. (1992). *Evaluación Económica de Alternativas Tecnológicas: Estudio de Casos*. (Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.