

ANÁLISIS DE METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN EX – ANTE DE LOS COSTOS Y BENEFICIOS DE LA LIBERACIÓN DE LOS ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS EN PERÚ.

ASSESSMENT METHODOLOGIES EX – ANTE TO THE COSTS AND BENEFITS OF THE RELEASE OF GENETICALLY MODIFIED ORGANISMS IN PERU

Adriano Varona Manrique¹

Raquel Gómez Oscorima²

Ramón Diez Matallana³

Resumen

Analizamos tres metodologías de análisis de impacto económico del cambio tecnológico: El Presupuesto Parcial, el Modelo de Excedentes de Alston et al (1998) y el Modexc de Rivas et al (1999), desde el punto de vista de su rigurosidad en el cálculo de los cambios en beneficios y costos de productores y consumidores. En el caso de Presupuesto Parcial, sólo sirve para una evaluación de corto plazo, para el caso del productor exclusivamente. Sin embargo, es útil para generar información básica para los modelos de largo plazo como el Modelo de Excedentes de Alston et al (1998) y el Modexc de Rivas et al (1999). Las metodologías se prueban con información secundaria a nivel ex – ante para el caso de la papa blanca comercial mejorada genéticamente con resistencia a insectos y nematodos en el distrito de Huasahuasi, Región Junín, Perú. Se encuentra que el Modexc es mejor para estimar la rentabilidad de la inversión en esta semilla, la cual dicho sea de paso, resulta altamente rentable según la evaluación con las 3 metodologías.

Palabras clave: Evaluación ex – ante, Costos y Beneficios, Modelo de Excedentes.

¹ Economista de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Magister Scientiae en Economía Agrícola.

² Profesor principal, Facultad de Economía y Planificación, UNALM- e-mail: rgo@lamolina.edu.pe, Investigador SE – LAC Biosafety.

³ Profesor principal, Facultad de Economía y Planificación, UNALM- e-mail: rdiez@lamolina.edu.pe, Investigador Líder SE – LAC Biosafety.

Abstract

It analyzes three methods of analysis of economic impact of technological change: Partial Budget, Surplus Model of Alston et al and Modexc of Rivas et al, from the point of view of rigor in the calculation of changes in benefits and producer and consumer costs. In the case of partial budget, is only for a short-term assessment, of the producer only. However, it is useful to generate basic information for long-term patterns such as Surplus Model of Alston et al (1998) and Modexc of Rivas et al (1999). The methods are tested with secondary level information ex - ante in the case of commercial white potatoes genetically improved resistance to insects and nematodes in Huasahuasi District, Region Junín, Perú. We find that the Modexc is better to estimate the profitability of investment in this seed, which incidentally, is highly profitable as assessed with the 3 methodologies.

Keywords: Assessment ex – ante, Costs and Benefits, Surplus Model.

Introducción

En el Perú, la investigación e implementación de tecnologías de punta en el agro no han recibido un impulso sostenido y el aporte de la biotecnología podría ser importante, especialmente en el caso de la papa, pues Perú alcanza 75.4 kg de consumo per cápita anual, más que duplicando el promedio mundial (36.5), es decir, es un alimento de gran importancia en la dieta del peruano promedio. Frente a este alto consumo per cápita tenemos una productividad de 12.17 t/ha, inferior al promedio mundial de 17.38 t/ha y algo más de 25 por ciento de la productividad de Nueva Zelanda (45.7 t/ha) (Diez et al, 2011).

En Perú, la papa cubre unas 260 mil hectáreas y genera algo más de 3 millones de toneladas involucrando a 597,325 productores (Devaux et al, 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 13% del PBI agrícola nacional. Por otro lado, cabe señalar que en el Perú, la papa es atacada por diversos agentes bióticos como nematodos (*Globodera*

rostochiensis, *Globodera pallida*), rancha (*Phytoptora infestans*), polilla (*Pthorimaeia operculella*) o gorgojo de los andes (*Premnotrypes suturicallus*), con pérdidas pos - cosecha del producto y reducción de su productividad neta por parcela. Además el productor se ve obligado a aplicar agroquímicos tóxicos para su salud y la del consumidor.

Puesto que no se puede abarcar todos los casos por su complejidad natural, en este trabajo se toca sólo el caso de semillas de papa *Bt* con resistencia a la polilla (*Pthorimaeia operculella*) y nematodos (gusanos). Cabe señalar que en Perú, el Centro Internacional de la Papa ha obtenido papa *Bt* resistente a la polilla de papa (www.tecnociencia.es/especiales/transgenicos/6.htm) la cual no puede ser liberada por razones legales y podría ser resistente a polillas y nematodos (Zakharyan R.A et. al., 1979).

El beneficio para los agricultores de la aplicación de semillas mejoradas genéticamente se evidencia en los trabajos a nivel ex post de Qaim y Zilberman (2003) sobre sojas tolerantes a herbicidas en Argentina, en la Argentina Qaim y Traxler (2005) sobre soja *Ht*, demostraron que los Estados Unidos y la Argentina ganaron al usar soja *Ht* y los países que no producen soja *Ht* han perdido; Traxler et al. (2003) y Traxler y Godoy-Avila (2004) encontraron beneficios en el uso de algodón *Bt* en México, Huang et al. (2002) encontraron beneficios económicos y ambientales por el algodón *Bt* para los agricultores de China, Kolady & Menor de 2006, 2007, 2008, Krishna & Qaim 2007, en berenjena con resistencia a los insectos (IR) en la India.

A nivel ex-ante Qaim y Zilberman (2003), Mamaril & Norton (2006), Hareau et al (2006), Falck-Zepeda et al., (2006), para diversos productos (algodón *Bt*, arroz *Bt*, papa *Bt*) y países encuentran beneficios para productores y consumidores. Los métodos empleados para las evaluaciones ex - ante 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 Modexc.

En consecuencia, se establece el **objetivo general**: Adaptar métodos y herramientas para la evaluación ex - ante del impacto socioeconómico de la liberación de semilla genéticamente modificada de papa, resistente a polilla (*Pthorimaeia operculella*) y nematodos (*Globodera rostochiensis* y *Globodera pallida*) en el distrito de Huasahuasi, provincia de Tarma, región Junín, Perú.

Materiales y métodos

Hipótesis general: Es factible construir un modelo de análisis para evaluar ex -ante los impactos de la liberación de Papa genéticamente modificada en el Perú.

Ámbito: Distrito de Huasahuasi, en la provincia de Tarma, región Junín, Perú. Sus límites son: Al norte con la Provincia de Junín y la Provincia de Chanchamayo, al este con la provincia de Chanchamayo y el distrito de Palca, al sur con el distrito de Palca y el distrito de Acobamba y al oeste con los distritos de Palcamayo y San Pedro de Cajas.

Fuentes de información: Huasahuasi es considerado la capital semillera de papa del Perú, por lo que se colectado la información estadística de la Dirección Regional Agraria Junín del MINAG, entre otras fuentes. Huasahuasi entre las campañas del 2005 a 2008 ha sembrado en promedio 3219 has de papa, por campaña.

El producto: La papa es una herbácea de un metro de altura de la que se consume el tubérculo, reserva de nutrientes. Por su alto contenido de carbohidratos y proteínas es un alimento de alto valor nutricional. Hay más de 4.000 variedades de papa, lo que muestra la gran diversidad genética que presenta este cultivo. 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 M, Martinko J. 2005).

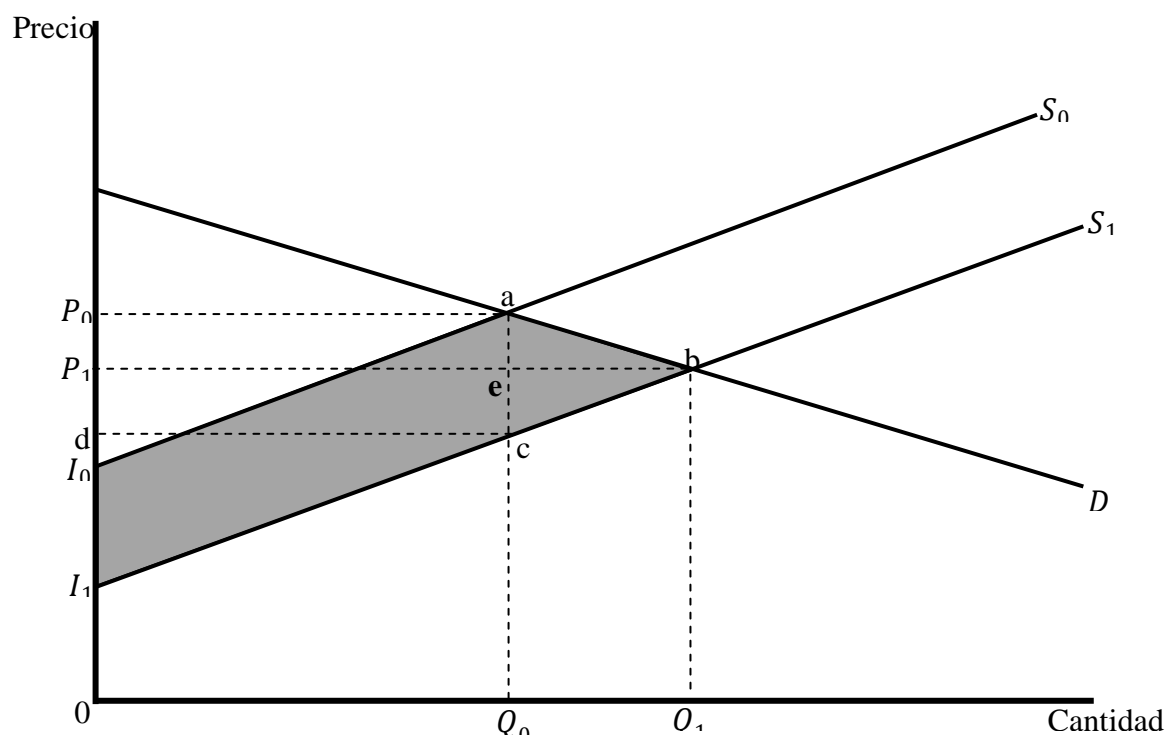
El modelo de presupuesto parcial: Horton (1981, 1982), Falck – Zepeda (2010) nos dicen que este método evalúa el impacto de cambios puntuales en el proceso productivo a nivel de sus impactos sobre los costos y los ingresos.

El modelo de excedentes económicos.

La mayoría de los métodos para evaluar los impactos de los cultivos transgénicos en el bienestar social se basan en el enfoque de los excedentes económicos. 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.

Para la distribución de los excedentes económicos en una economía cerrada, Alston et. al., (1998), señalan que los beneficios de la investigación en una economía cerrada se visualizan como sigue: D representa la demanda de un producto homogéneo y 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 anual, como también los son las medidas del excedente económico. 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 ($\Delta TS = \text{área } I_0abI_1$). Esta área puede ser vista como la suma de dos partes: (a) el ahorro del costo de la cantidad original (área de I_0acI_1) y (b) el excedente económico debido al incremento de producción y consumo (el área triangular abc , el valor total del incremento en consumo – área Q_0abQ_1 – menos el costo total del incremento de producción – área Q_0cbQ_1).



Fuente: Alston et al, 1995.

FIGURA N° 1. Distribución de los excedentes económicos en el modelo básico dados por los beneficios de la investigación.

Alternativamente, podemos dividir el beneficio total entre beneficios del consumidor en forma del cambio en el excedente del consumidor ($\Delta CS = \text{área } P_0abP_1$) y beneficios del productor en forma del cambio en el excedente del productor ($\Delta PS = \text{área } P_1bI_1 - \text{área } P_0aI_0$). Bajo supuestos especiales de un cambio paralelo en la oferta, $\text{área } dcI_1 = \text{área } P_0aI_0$ y el cambio en el excedente del productor es igual al beneficio neto de la producción total ($\text{área } P_1ecd$) más la ganancia del incremento de producción de Q_0 a Q_1 ($\text{áreas } bce$) para una ganancias del excedente total de productor P_1bcd . Estos efectos se pueden mostrar algebraicamente como sigue:

$$\Delta CS = P_0Q_0Z(1 + 0.5Z\eta) \quad (1)$$

$$\Delta PS = P_0Q_0(K - Z)(1 + 0.5Z\eta) \quad (2)$$

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

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

Modelo de Excedentes Económicos (Modexc) El modelo de excedentes económicos de Rivas et al, 1998, es útil para evaluar ex-ante tecnologías y para evaluarlas una vez se han adoptado y difundido (ex-post). Permite calcular y analizar los beneficios derivados de un cambio tecnológico, medidos éstos como los excedentes económicos de productores y consumidores. El modelo estima indicadores de la 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), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio/costo (B/C). A diferencia de otros modelos, MODEXC considera explícitamente los desplazamientos de la demanda debidos a diferentes factores como crecimiento de la población y el ingreso.

Modelo de análisis aplicado para el caso de la papa resistente a insectos y nematodos en Huasahuasi.

También denominado “modelo de equilibrio parcial de desplazamiento” ya que considera sólo los efectos del cambio tecnológico en el mercado en el que se produce la innovación tecnológica, no tiene 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 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. En base a la información anterior estamos en condiciones de sugerir una tasa de adopción, depreciación y la probabilidad de éxito. En base a 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. Se basa nuestro modelo de excedente económico 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 con la aplicación del 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 de la simulación. 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 = Es el precio sin la innovación,

Q_0 = Es la cantidad sin la innovación.

C_0 = Es la cantidad consumida sin la innovación.

Z = Es la variación de los precios relacionados con la adopción de la nueva tecnología.

ΔY = Es la diferencia entre el rendimiento esperado de la papa transgénica y la papa convencional,

ΔC = Es la diferencia de costos entre el costo esperado de la papa transgénica y los costos de la papa convencional,

ε_a = Es la elasticidad de oferta de la papa.

η = Es la elasticidad de demanda de la papa.

A = Es la tasa de adopción

R = Es la probabilidad de éxito de la nueva semilla.

D = Tasa de depreciación

Aplicando 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), con los siguientes supuestos operativos: Se considera un aumento de hasta 50% en el costo de la

nueva semilla (Buijs, Jasper, et al., 2006) en relación con la semilla certificada existente y un aumento en la producción de 20%. (Aboites et al, 2011).

Resultados y discusión

Variación de costos y rendimientos empleando Semilla *Bt* (GM) de papa blanca (Presupuesto parcial)

Aplicando un presupuesto de la operación podemos obtener un análisis de rentabilidad, el cálculo de los beneficios netos y la relación beneficio/costo.

Cuadro N° 1. Análisis de Rentabilidad

Análisis de rentabilidad:	Semillas certificadas		Diferencia Porcentual	
	Convencional	G M		
Rendimiento :	Kg/ha.	18,000.00	21,602.00	20%
Precio Promedio Papa Consumo 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	212%
Rentabilidad	%	6.71	19.51	191%
Precio de Equilibrio	S/Kg.	0.56	0.5	-11%

Fuente : Elaboración propia en base a DRA_JUNIN – AGROBANCO

En el cuadro 1, vemos que al introducir una nueva semilla el productor de Huasahuasi, obtendría un incremento en producción de un 20 por ciento, si bien los costos de producción aumentan en 7 por ciento por el mayor costo de la semilla, ya que ésta es el 37 por ciento en la estructura de costos (cuadro 2). Los costos en plaguicidas se reducen porque la nueva semilla *Bt*, no requiere insecticidas. Del cuadro N° 1, deducimos que al usar una nueva semilla resistente a insectos y nematodos y manteniendo los mismos precios promedio de venta, el ingreso aumentaría en 20 por ciento, con una rentabilidad neta de 19.51 por ciento, con un incremento de 212 por ciento en su utilidad neta respecto a la semilla convencional. En lo que respecta al precio de equilibrio como se muestra en el cuadro 1, usando la nueva semilla éste ha disminuido en un 11 por ciento, lo cual también podría significar un descenso en los precios en beneficio de los

consumidores, y por debajo del precio de venta de S/. 0.50 nuevos soles el kg de papa de la nueva variedad.

Cuadro N° 2. Estructura de Costos

Items	Convencional		Bt (GM)	
	Costo	%	Costo	%
Semilla	1,875.00	24.45%	2,820.00	36.77%
Fertilizantes y Plaguicidas	2,316.00	30.20%	1,934.50	25.23%
Mano de Obra	1,824.00	23.79%	1,824.00	23.79%
Mecanización	350.00	4.56%	350.00	4.56%
Otros Gastos	938.50	12.24%	938.50	12.24%
Gastos varios	365.18	4.76%	393.35	5.13%
Total	7,668.68	100.00%	8,260.35	107.72%

Fuente: Elaboración Propia

En base a los datos del cuadro N° 1, se calcula el indicador de rentabilidad beneficio/costo del análisis: Cambio en el beneficio: $\Delta B = 2116.13 - 679.14 = 1436.99$

Cambio en el costo: $\Delta C = 8260.35 - 7668.68 = 591.67$

$$\Delta B / \Delta C = 1436.99 / 591.67 = 2.43$$

Es decir, si se incrementa en un nuevo sol los costos por el uso de semilla certificada, se obtiene un beneficio neto de 2.43 nuevos soles. De ahí se puede inferir que la semilla de papa blanca Bt genera un ingreso adicional al agricultor respecto a la semilla actual.

Cuadro N° 3. Presupuesto Parcial Efectos Positivos y Negativos

Cambio propuesto: Reemplazar 100 Hectáreas de papa con semilla híbrida convencional con 100 Hectáreas de semilla Bt (GM)			
Cambios positivos	Valor	Cambios negativos	VALOR
Ingreso adicional		Reducción en el ingreso	
100 has de papa GM x 21,602 Kg		100 has de papa Convencional x	
Kg/ha x 0.60	1'296,120	18,000 Kg x 0.60	1'080,000
Ingreso adicional total	1'296,120	Reducción de Ingreso total	1'080,000
Reducción de los costos	766,868	Costos adicionales	826,035
Total reducción de costos	766,868	Total Costo Adicional	826,035
Total Ingreso Adicional y Reducción en costos	529,252	Total Reducción del Ingreso y costos adicionales	253,965
Cambio Neto Ingreso			275,287

Fuente: Elaboración propia.

El distrito de Huasahuasi posee unas 3600 has dedicadas a la producción de papa y si consideramos que en un primer momento 100 has (2.7 por ciento del total siguiendo a

Rogers, 2005), pueden adaptarse a la nueva tecnología, elaboramos el cuadro N° 3 y hacemos el siguiente análisis con el método del presupuesto parcial siguiendo a Falk - Zepeda (2010). Los productores que adoptan la nueva tecnología se verían beneficiados con un incremento en su ingreso neto de S/. 275,287 al introducir una semilla GM en 100 has de terreno en la zona, lo que significa que por hectárea obtienen un beneficio de 2,753 nuevos soles aproximadamente.

Cálculo de 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 S/426/t, obtenido del costo de producción por ha (7,668.68) con la semilla actual dividido por el rendimiento de esta semilla (18 t/ha).
- Consideramos la elasticidad de la demanda de Maximixe Consult (2008), pues hace un análisis riguroso.
- La elasticidad de oferta es tomada del MINAG (2010).
- Para el Valor Actual Neto (VAN), se considera la tasa social de descuento (TSD) de 10 por ciento (R.D. 001-211-EF/63.01. El Peruano, 19.05.2011).
- La probabilidad de éxito es de 85 % y de adopción 90 %, según expertos en evaluación del cambio tecnológico para la agricultura (José Falck Zepeda, del International Food Policy Research Institute y Guy Hareau, investigador del Centro Internacional de la Papa).
- La inversión para este tipo de investigación consultando a expertos de Perú y de Colombia y promediando los montos que ellos mencionan.
- Las exportaciones e importaciones de papa no son representativas, entonces se considera un modelo de economía cerrada.
- No hay depreciación

En el Cuadro N° 4, se ve 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. La simulación de excedentes del productor, consumidor y el VAN, se muestra en el cuadro N° 5.

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 consumidores. La inversión es rentable socialmente, pues el VAN es S/. 118 millones.

Cuadro N° 4: Cálculo del tamaño proporcional del desplazamiento de la oferta (K) y la variación de los precios relacionados con la semilla *Bt*.

Año	Cambios equivalen- te rendi- miento	Cambio equivalen- te costos	Cambio neto costos insumos	Probabilidad de éxito	Tasa de adopción	Tasa de depre- ciación	K	Z
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

Cuadro N° 5. 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 investiga- ción	Costos de Trans- ferencia	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

Cálculo de excedentes económicos con Modexc

Este método es más riguroso que los anteriores, al considerar 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. Para usar este *software*, se toma los mismos criterios y datos que se usaron con el modelo en Excel anterior, pero se adiciona el crecimiento autónomo de la demanda y de la oferta. En base a lo descrito, el modelo nos permite suministrar los valores iniciales o básicos, como los parámetros de oferta y demanda, así como el tipo de economía tal como se observa en el cuadro N° 6.

Cuadro N° 6. Valores Iniciales

Elasticidad Oferta	0.20	Producto	Papa Bt
Elasticidad Demanda	-0.40	Region	Huasahuasi
Precio Mínimo	426.00	Fecha	15-nov-11
Cantidad Inicial	57.90		
Precio Inicial	600.00	Economía	Cerrada
Incr. Autónomo Demanda	2.15%		
Incr. Autónomo Oferta	1.02%		

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, introducimos los parámetros para la estimación de la función de adopción logística, para la tecnología nueva (semilla *Bt*), tal como se detalla en el cuadro N° 7.

Cuadro N° 7. Función Logística

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

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro N° 8, presenta los resultados de las simulaciones y muestra que las cantidades se incrementarían sólo por cambios autónomos en 28 por ciento, y con la nueva tecnología, el aumento en la producción de papa en el periodo previsto de 20 años para el distrito de Huasahuasi sería 36 por ciento más que sin el cambio. Respecto a los precios, se incrementarían en casi 37 por ciento, sin introducir la semilla GM, pero con la semilla *Bt* el aumento es menor pues llega a casi 20 por ciento en el periodo analizado. El valor del factor de desplazamiento de la oferta (K), 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

por ciento de los productores de papa de la zona han adoptado la nueva semilla. Por la papa *Bt*, los excedentes totales son significativos, (columnas 8, 9 y 10 del cuadro N° 9) y los productores son los mayores beneficiados. Los cuadros N° 8 y 9, muestran los resultados obtenidos con la aplicación del MODEXC.

**Cuadro N° 8. Puntos de Equilibrio de las Cantidades y el Precio
Valores del factor (K) de desplazamiento**

Año	Cantidad (Q) sin Tecnología	Precio (P) sin Tecnología	Cantidad (Q ₁) con Tecnología	Precio (P ₁) 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
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

Cuadro N° 9. Flujo de Excedentes Anuales, VAN y Anualidades

Año	Excedente al Consumidor			Excedente al Productor			Excedente Total		
	Total	Tecn.	Otros	Total	Tecn.	Otros	Total	Tecn.	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

Continuación

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
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	5222	8227	7755	471

Fuente: Elaboración propia con el software MODEXC

Respecto al 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 de poco más de 37 millones debido a la nueva tecnología y los ingresos anuales correspondientes a la semilla de papa *Bt* serían en promedio de 4'370 mil nuevos soles. El VAN de excedentes totales correspondientes a la semilla de papa *Bt* es de unos 66 millones de nuevos soles.

Conclusiones

Los métodos de presupuesto parcial, modelo determinístico de excedentes y modelo de excedentes (Modexc) son adecuados para la evaluación ex - ante del impacto socioeconómico de la liberación de semillas genéticamente modificada de papa en el Perú por su sencillez y fácil manejo.

La prueba de estos métodos para el caso de la papa *Bt* con resistencia a polillas (*Pthorimaia operculella*) y nematodos (*Globodera rostochiensis* y *Globodera pallida*) en Huasahuasi, Región 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 de producto puesto a su disposición por el desplazamiento hacia afuera de la curva de oferta.

Estas metodologías son herramientas útiles para que los científicos generen información destinada a que los reguladores elaboren la reglamentación sobre bioseguridad y de paso entender el papel de esta tecnología en el desarrollo sostenible.

Referencias bibliográficas

Aboites, Gilberto y Felix, Gustavo (2011), Centroamérica: Uso de semillas genéticamente modificadas e incremento del ingreso de los agricultores, CEPAL, México, D.F.

Alston, J.M., G.W. Edwards and J.W. Freebairn (1988). Market distortions and benefits from research. American Journal of Agricultural Economics, 70(2):281-288.

Buijs, J.; Martinet, M.; de Mendiburu, F. and Ghislain, M. 2006. Potential adoption and management of insect-resistant potato in Peru, and implications for genetically engineered potato. © ISBR, EDP Sciences.

Devaux, André; Ordinola, Miguel; Hibon, Albéric y Flores, Rubén. 2010. El sector papa en la región andina. Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú). Centro Internacional de la Papa. Perú.

Diez, Ramón y Echevarría, Nelson. 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. (Aprobado y en espera de publicación por Anales Científicos de la UNALM.)

Falck-Zepeda, José. 2010. Socio-Economic Impact Assessments and Biotechnology: The Experience to Date. IFPRI.

Falck-Zepeda, José. 2010. Inclusion of Socio-Economic Considerations in Biosafety Decision Making: Governance and Implementation Issues. IFPRI.

Hareau, G., Mills, B.F., and G.W. Norton, (2006). The Potential Benefits of Herbicide Resistant Transgenic Rice in Uruguay: Lessons for Small Developing Countries, *Food Policy*, 31, 162-179.

Horton, Daniel. 1982. Análisis de Presupuesto Parcial para la investigación en papa al nivel de finca. CIP-Lima. 50 p.

Huang J, Rozelle S, Pray C, Wang Q. (2002). Plant biotechnology in China. *Science*, 295, 674–677.

Kolady, D. E., and W. Lesser. 2006. Who adopts what kind of technologies? The case of Bt eggplant in India. *AgBioForum* 9 (2): 94–103.

- Kolady, D. E., and W. Lesser. 2007. 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., and W. Lesser. 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, Vijesh V. & Qaim, Matin, 2007. "Potential Impacts of Bt Eggplant on Economic Surplus and Farmers' Health in India," 2007 Annual Meeting, July 29-August 1, 2007, Portland, Oregon TN 9909, American Agricultural Economics Association (New Name 2008: Agricultural and Applied Economics Association).
- Madigan M, Martinko J (editors) (2005). *Brock Biology of Microorganisms* (11th edición). Prentice Hall.
- Mamaril, C.B. and G.W. Norton, (2006). Economic Evaluation of Transgenic Pest-Resistant Rice in the Philippines and Vietnam, *Quarterly Journal of International Agriculture*, 45, (2) 127-144.
- Maximize Consult (2008) Factores Determinantes Para el Incremento del Consumo de Papa en el Perú. www.minag.gob.pe/
- Ministerio de Agricultura. 2010. Plan Estratégico Sectorial Multianual Actualizado del Ministerio de Agricultura 2007 – 2011. Unidad de Política Sectorial, Oficina de Planeamiento y Presupuesto.
- Qaim, M., and G. Traxler. 2005. Roundup Ready soybeans in Argentina: Farm level and aggregate welfare effects. *Agricultural Economics* 32 (1): 73–86.
- Qaim M, Zilberman D (2003). Yield effects of genetically modified crops in developing countries. *Science* 7 February 2003 :Vol. 299 no. 5608 pp. 900-902
- Qaim, M., and J. von Braun (1998). *Crop Biotechnology in Developing Countries: A Conceptual Framework for Ex Ante Economic Analyses*. ZEF Discussion Papers on Development Policy No. 3, Center for Development Research, Bonn
- Traxler, G., and S. Godoy-Avila. 2004. Transgenic cotton in Mexico. *AgBioForum* 7 (1–2): 57–62.
- Traxler, G., S. Godoy-Avila, J. Falck-Zepeda, and J. J. Espinoza-Arellano. 2003. Transgenic cotton in Mexico: Economic and environmental impacts of the first generation biotechnologies. In *The economic and environmental impacts of agbiotech:*

A global perspective, ed. N. Kalaitzandonakes, 183–202. New York: Kluwer Academic/Plenum.

Rivas, L., García, J., Seré, C., Jarvis, L., Sanint, L.R. and Pachico D. 1999. Economic Surplus Analysis Model (MODEXC). Palmira: International Center of Tropical Agriculture. In : <http://www.ciat.cgiar.org/impact/index.htm>.

Rogers, E.M. 1995. Diffusion of Innovations. The Free Press (Macmillan), New York.