

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN**



**“EFECTOS ECONÓMICOS DE LA LIBERACIÓN DE SEMILLA
DE ALGODÓN BOLLGARD II EN CAÑETE, REGIÓN LIMA”**

Presentado por:

JOSÉ GABRIEL MATTA GONZALES

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE ECONOMISTA

Lima – Perú

2016

AGRADECIMIENTO

A Angel Vásquez, Marcelino Francia, José Huamán y Eusebio Aliaga por brindarme la información con la que construí el escenario base de esta tesis.

INDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
1.2. Objetivos	3
Objetivos específicos	3
1.3. Justificación.	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Investigaciones previas sobre la evaluación ex - ante de rentabilidad de tecnologías de ADN recombinante – Transgénicos.	5
2.2. Tendencias del cultivo de algodón.	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Ámbito de la investigación.	14
3.2. Información: Procedencia y técnicas de captación de la información.	14
3.3. Hipótesis	14
3.3.1. Hipótesis General	14
3.3.2. Hipótesis Específicas	15
3.4. Modelos de análisis.	15
3.4.1. Presupuesto parcial determinístico y probabilístico.	15
Variables determinísticas y probabilísticas. Distribuciones de probabilidad.	16
Álgebra para el cálculo de los beneficios de la investigación en el caso de una economía cerrada	20
IV. Resultados y discusión de resultados	25
4.1. Resultados.	25
4.1.1. Diferencia en rendimientos empleando semilla convencional y Bollgard II.	25
Analicemos las combinaciones de porcentaje de cambio en el rendimiento y el cambio en el Valor Actual Neto	34
V. CONCLUSIONES	36
VI. RECOMENDACIONES	37
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
VIII. Anexos	41

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Impacto de los cambios en el uso de herbicidas e insecticidas por cultivar cultivos biotecnológicos en el mundo 1996-2008.....	7
Tabla 2. Clasificación de las investigaciones en Perú citadas en esta Tesis (1).....	9
Tabla 3 Clasificación de los métodos de las investigaciones en Perú citadas en esta Tesis (2).....	10
Tabla 4. Siembra de algodón por variedades en el Valle de Cañete.....	13
Tabla 5.Variación esperada de gastos en semilla, pesticidas y rendimiento por hectárea.....	17
Tabla 6. Escenario base.....	22
Tabla 7. Estadísticos del escenario base	23
Tabla 8.Variaciones de variables probabilísticas al adoptar algodón Bollgard II	25
Tabla 9. Variaciones de ingresos, costos y beneficios al aplicar Bollgard II.....	26
Tabla 10. Beneficio costo marginal	27
Tabla 11.Desplazamiento de la Oferta (K) y la variación de precios con afectación de la nueva tecnología (Z) (a)	29
Tabla 12. Desplazamiento de la Oferta (K) y la variación de precios con afectación de la nueva tecnología (Z) (b)	30
Tabla 13. Desplazamiento de Oferta (K) y variación de precios por nueva tecnología (Z) (c)	31
Tabla 14. Desplazamiento de la Oferta (Z) y la variación de precios con afectación de la nueva tecnología (Z) (d)	32
Tabla 15. Porcentaje de cambio en los costos y cambio en el Valor Actual Neto (VAN).....	34
Tabla 16. Porcentaje de cambio en los costos y cambio en el Valor Actual Neto (VAN).....	35

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Forma en la que se integran los métodos de las investigaciones relacionadas.....	10
Gráfico 2. Superficie Nacional Sembrada (ha)	12
Gráfico 3. Efecto del cambio tecnológico en los costos y producción	18
Gráfico 4. Distribución de los excedentes económicos por los beneficios de la investigación en semilla GM	19
Gráfico 5. Salida @Risk del Diferencial de beneficios Bt/Convencional.....	26
Gráfico 6. Salida del @Risk del Beneficio costo marginal.....	28
Gráfico 7. Valor Actual Neto de los Beneficios Netos	33

EFFECTOS ECONÓMICOS DE LA LIBERACIÓN DE SEMILLA DE ALGODÓN BOLLGARD II EN CAÑETE, REGIÓN LIMA

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es analizar los efectos económicos de la hipotética liberación de la semilla Bollgard II con solución Round Up Flex, resistente a insectos y herbicidas bajo un enfoque de riesgo, en la provincia de Cañete en la región Lima. Para determinar la rentabilidad probable del cultivo de algodón en el corto plazo, se utiliza el método de presupuesto parcial analizando los efectos de los cambios derivados de la incorporación de la nueva semilla: mayor costo de semilla, mayor rendimiento y menores gastos en insecticidas. La diferencia entre las utilidades antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones entre uno y otro método para una parcela de una hectárea es de 1,373.13 soles. El Beneficio costo marginal medio esperado es de 1.04. Se aplica el método de excedentes en entorno de riesgo aplicando el software @Risk para la evaluación de largo plazo, obteniéndose un VAN promedio de S/. 8,532,509.64. Por ende, a consecuencia de la adopción de esta nueva semilla, se generarán beneficios sociales tanto en el corto y largo plazo.

Palabras clave: simulación estocástica, variables aleatorias, riesgo, algodón.

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the economic effects of the hypothetical release of the Bollgard II seed with Round Up Flex solution, resistant to insects and herbicides under a risk approach at the province of Cañete, in the Lima region. To determine the likely profitability of cotton crop in the short term, the partial budget method is used by analyzing the effects of the changes derived from the incorporation of the new seed: higher seed cost, higher yield and lower insecticide costs. The difference between the profits before interest, taxes, depreciation and amortization between one method and another for a plot of one hectare is 1,373.13 soles. The expected average marginal cost benefit is 1.04. The surplus method is applied in the risk environment by applying the @Risk software for the long term evaluation, obtaining an average NPV of S/. 8,532,509.64. As a result of the adoption of this new seed, social benefits will be generated both in the short and long term.

Keywords: stochastic simulation, random variables, risk, cotton.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú la producción de algodón cubría unas 128,289,4 hectáreas en promedio durante la década del 70; la Reforma Agraria implementada por el Gobierno Militar y las políticas erróneas de los sucesivos gobiernos llevaron a que se reduzca el área. Un cultivo que se desarrollaba en la Costa Norte y Costa Central está ahora confinado a limitadas áreas en la Costa Central, en las Regiones de Ica y Lima. En la campaña 2004-2005 y 2005 -2006, la superficie llegaba a 92 mil hectáreas, pero para 2009-2010 bajó a casi 28 mil hectáreas, para recuperarse un poco en la campaña 2010 – 2011 y caer finalmente en la campaña 2011-2012 a unas 47 mil hectáreas. Ya no se contempla la cifra de la campaña 2013 – 2014 pero según el MINAGRI sólo llega a 31.3 mil hectáreas.

El Ministerio de Agricultura y Riego estimó para los años comprendidos entre 2005 y 2010* un Indicador de Balanza Comercial Relativa de -0.92, el cual nos muestra nuestra posición como importadores netos. En la actualidad las importaciones de este cultivo llegan a un sesenta o setenta por ciento de los requerimientos de la industria textil y de confecciones del Perú, la cual antiguamente dependía básicamente del algodón nacional de fibra larga (Diez, R. Y Valdez, A., 2011). Empresarios que quisieron desarrollar nuevas explotaciones algodonerías para aprovechar el mercado interno floreciente de las industrias textiles y de confecciones se encontraron con que su productividad era insuficiente para competir con la de los productores de otros países.

Problema de investigación

En Zevallos, R. (2015) se encuentra que la productividad histórica esperada de algodón en nuestro país es de 1,750 Kg/ha mientras que el promedio histórico esperado del líder mundial alcanza 3,642 kg/ha, es decir, se logra menos de la mitad del rendimiento por hectárea del líder mundial. Este cultivo compromete a unos diez mil productores en la Costa Central principalmente.

En la actualidad, Constable y otros (2015) estiman una cosecha potencial de 5000 Kg/ha de fibra de algodón a nivel mundial. La menor productividad en el Perú se debería, entre otras cosas, al ataque de múltiples agentes bióticos (Veramendi, 2011): gusanos de tierra: *Agrotis ypsilon* Rott, *Feltia spp*, Gusanos: “Gusano mayor de la hoja del algodón” (*Alabama argillacea* Hubner), “Gusano perforador grande de la bellota” (*Heliothis virescens* F.), “Gusano perforador de la hoja” (*Bucculatrix thurberiella* Busk.), “Pulgón de la melaza del algodón” (*Aphis gossypii* Glover), el “Picudo Peruano del Algodonero” (*Anthonomus vestitus* Bohm) y el “Arrebiatado” (*Dysdercus peruvianus* Guerin). Frente a este problema, en el mundo, existe algodón genéticamente modificado, uno de cuyos notables ejemplos es el Bollgard II con solución Round Up Flex, con resistencia a insectos y herbicidas que podría incrementar la productividad y mejorar la competitividad de este cultivo, por ello se debe evaluar las posibles consecuencias de su liberación en la rentabilidad de los productores de algodón. En la Costa Central, específicamente en Cañete es importante el desarrollo del cultivo de algodón que cubría unas 3530 hectáreas entre los años 2006 y 2007. Esta zona es muy fértil y la productividad podría ser muy alta de incorporar semillas mejoradas como la Bollgard II.

Cuno (2013), quien usó el método de fronteras estocásticas para evaluar el caso del híbrido Hazera, en la Provincia de Cañete, encontró un índice de eficiencia técnica media de 0.90, indicando que existirían muchos productores de algodón que están obteniendo rendimientos muy inferiores a su potencial productivo. Además, encontró que la edad y la experiencia tienen una relación negativa con el nivel de eficiencia técnica.

El algodón es insumo importante de la industria textil y de confecciones del Perú (Valdez, A, 2011). Actualmente, el país está bajo una moratoria que impide el uso de semillas genéticamente modificadas durante un lapso de 10 años, en los cuales el Perú deberá obtener información completa sobre los posibles riesgos ambientales y sobre los impactos socioeconómicos de la hipotética liberación de semillas genéticamente modificadas.

En ese sentido, surgen las preguntas problemáticas:

Central, ¿La liberación de semillas de algodón resistentes a insectos, permitirá la obtención de mayores beneficios económicos?

Esta pregunta central está asociada a las siguientes preguntas específicas:

Primera: ¿Será rentable para el productor emplear la semilla de Algodón Bollgard II en la Provincia de Cañete?

Segunda: ¿La liberación de semilla Bollgard II mejorará el bienestar, medido en excedente de productores y de consumidores, en la Provincia de Cañete?

1.2. Objetivos

Objetivo General: Estimar la rentabilidad derivada de la liberación de una semilla de algodón Bollgard II en la Provincia de Cañete, Región Lima, así como la viabilidad económica del desarrollo de la semilla genéticamente modificada en el mercado de Cañete.

Objetivos específicos

- Obtener la rentabilidad a corto plazo para el productor que emplee la semilla de Algodón Bollgard II en la Provincia de Cañete.
- Estimar los incrementos en excedentes para consumidores y productores derivados de la liberación del Algodón Bollgard II en la Región Lima.

1.3. Justificación.

La investigación de tipo ex – ante de los efectos de innovaciones tecnológicas se ha realizado en otros países (Falck - Zepeda, J. et al, 2006 sobre algodón; Hareau, Guy et al, 2005 sobre arroz, entre otros), y en Perú, Diez, R., Gómez, R. y Varona, A. (2013), sobre papa cisgénica; Varona, A. (2011) sobre papa Bt en Huasahuasi, Tarma, Perú; Varona, A. (2012), sobre papa cisgénica, en Huasahuasi, Tarma, Perú; Luna, H.(2013) sobre papa en Huánuco, Perú, Mogollón, R. (2014) sobre maíz Bt en Jayanca, Lambayeque, Perú; Guillén, L. (2014), sobre papa cisgénica en Junín, Perú, y Guillén, L. (2015) sobre papa cisgénica en Barranca, Perú. En todos los casos, la metodología implica el análisis de presupuesto parcial y flujos de caja o el modelo de excedentes, en

algunos casos se hace en forma determinística y en otros se aplica métodos probabilísticos para incorporar el riesgo en el análisis.

Por otro lado, dada la situación de desventaja técnica de los productores peruanos, así como la necesidad de obtener información para enriquecer el debate sobre la conveniencia de la liberación de productos genéticamente modificados para el caso peruano, se debe estimar la rentabilidad de una semilla GM de algodón, como es el caso de la semilla Bollgard II.

Respecto a los posibles riesgos ambientales de los productos genéticamente modificados, se tiene información del Proyecto LAC Biosafety que señala que no hay riesgos de transferencia de genes porque no hay “flujo de genes de productos transgénicos hacia sus homólogos convencionales, nativos o a los parientes silvestres”, según refiere el Dr. Enrique Fernández Northcote, Líder del Proyecto LAC Biosafety en el componente peruano, a partir de la información propia del componente de Flujo de Genes de Perú (participaron expertos de la UNALM, miembros del Instituto de Biotecnología UNALM, así como del INIAA), los componentes de Brasil (por el cual participaron expertos, miembros de Universidades y de EMBRAPA), Colombia (país por el cual participaron expertos de CIAT y Corpoica), y Costa Rica (por el cual participaron expertos de la Universidad Central de Costa Rica) que corrobora información de OMS y otras instituciones que han encontrado que no hay riesgos para la biodiversidad ni para la salud humana.

Al margen de esto, según el Dr. Enrique Fernández Northcote, el Protocolo de Cartagena de Biodiversidad, suscrito por el Perú, establece que cada país debe realizar pruebas de seguridad biológica de cada Organismo Vivo Modificado (los organismos transgénicos o genéticamente modificados), en consecuencia, el MINAM está en la obligación de realizar una evaluación cuidadosa para cada alternativa coordinando con entidades que manejan la tecnología como el INIA o el IBT – UNALM. En consecuencia en esta tesis se aplica la metodología de análisis conocida como presupuesto parcial, para el corto plazo y el modelo de excedentes de Alston, Norton y Pardey (1995), ambas en entorno de riesgo financiero, empleando el software @Risk.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Investigaciones previas sobre la evaluación ex - ante de rentabilidad de tecnologías de ADN recombinante – Transgénicos.

El Dr. José Falck - Zepeda en su exposición del 2015, sobre su trabajo (Peru - A Rapid Assessment Potential Impacts of Policy and Regulatory Developments to Agricultural Innovation and Trade), señaló que actualmente son más de 27 países, muchos de ellos en América, Asia, Europa, con 175 millones de hectáreas, que cultivan transgénicos de Algodón, arroz, colza, maíz amarillo duro, y soya. Áreas menores se dedican en otros países al desarrollo de transgénicos de berenjena (India), papa (Alemania), yuca y frejol (Brasil). En todos los casos, el ser humano emplea los recursos invaluable de la biotecnología para enfrentar a insectos, el clima y otros factores restrictivos de los cultivos.

Varona, A. (2011, 2012), señala la rápida expansión de los cultivos transgénicos que, para el año 2008 llegaban a cubrir 25 países ocupando 125 millones de hectáreas y 8% de las 1500 millones de hectáreas agrícolas del mundo. De los 25 países, 3/5 son países en desarrollo y 2/5 son países desarrollados. En 2008 llegaron a 13 millones 300 mil los agricultores beneficiarios de cultivos biotecnológicos, más del 90% de ellos eran pequeños agricultores pobres de países en desarrollo (ISAAA: www.isaaa.org). Los eventos predominantes son resistencia a herbicidas (RH) y resistencia a insectos (RI), y son 6 las empresas que lideran el desarrollo comercial de la biotecnología moderna: Monsanto, Du Pont, Dow, Aventis, BASF y Syngenta.

Varona, A. (op cit) encontró que en las evaluaciones se combina las estimaciones de los presupuestos parciales con el análisis de los excedentes económicos empleando hojas de cálculo.

Brookes y Barfoot (2010) listan efectos positivos de la introducción de los OGM, los cuales se muestran en la tabla 1.

Es decir, muchos países se benefician de los cultivos transgénicos, lo cual no significa que se deba liberarlos sin hacer previamente evaluaciones de tipo biológico (flujo de genes a través del polen, asentamiento de híbridos indeseados no planeados e impacto en organismos no blanco¹) y económico, como la presente evaluación ex – ante de los impactos en la rentabilidad de los productores de algodón de la Provincia de Cañete, derivados de la adopción de una semilla modificada genéticamente para otorgarle resistencia a insectos y herbicidas.

¹ Aquellos que no son agentes bióticos agresivos para los cultivos (tanto convencionales como transgénicos)-como las mariposas monarca, lepidópteros que no agreden al maíz Bt o al algodón Bt, sin embargo, ambos cultivos Bt están diseñados contra larvas de lepidópteros y de alguna manera podrían ser dañados por las proteínas cry.

Tabla 1. Impacto de los cambios en el uso de herbicidas e insecticidas por cultivar cultivos biotecnológicos en el mundo 1996-2008.

Rasgo	Cambio en el volumen de ingrediente activo (en millones de kg)	Cambio en el impacto del EIQ de campo(millones de EIQ de campo/ha)	% de cambio en el uso de ingrediente activo en cultivos biotecnológicos	% de cambio en el uso de herbicidas e insecticidas en cultivos biotecnológicos	Área con el rasgo de biotecnológico en el año 2008 (en millones de ha)
Soya tolerante a herbicida	-50.45	-5,314.80	-3	-16.6	62.47
Maíz tolerante a herbicida	-111.58	-2,724.20	-7.5	-8.5	22.4
Canola tolerante a herbicida	-13.74	-437.2	-17.6	-24.3	5.83
Algodón resistente a herbicida	-6.29	-188.4	-3.4	-5.5	2.41
Maíz resistente a insectos	-29.89	-1,007.00	-35.3	-29.4	36.04
Algodón resistente a insectos	-140.6	-6,555.70	-21.9	-24.8	13.2
Remolacha azucarera tolerante a herbicida	0.13	-0.46	10	-2	0.26
Totales	-352.421	-16,227.	-8.4	-16.3	142.61

Fuente : Brookes y Barfoot (2010)

Investigaciones sobre liberación de semillas transgénicas.

En otros países hay una gama de investigaciones citadas por Diez, Gómez y Varona (2013), realizadas por Qaim y otros, Falck - Zepeda y otros, tanto a nivel ex – post (luego de la liberación de semillas transgénicas) como a nivel ex – ante (antes de la liberación de semillas transgénicas). Los resultados son variados, encontrándose efectos positivos en un buen número de los trabajos y en otros los resultados no han sido buenos, debiéndose en este caso:

- 1) A que la semilla no protege del ataque de agentes bióticos para los que no estaba diseñada (Cardozo, et al, 2012 en Colombia, para un caso de algodón transgénico).

- 2) Los agricultores siguieron aplicando pesticidas incrementando sus costos o reduciendo el vigor de las nuevas semillas al emplear como semilla los granos obtenidos como producto, es decir, “reciclando” su semilla.

Es decir, las respuestas de las semillas serán positivas siempre que se den las condiciones², se usen adecuadamente las mismas³, se deje de aplicar los pesticidas que ya no sean necesarios, etc. En Perú se ha realizado investigaciones sobre los impactos económicos de la liberación de semillas transgénicas a partir de 2011 con Varona, A. en su tesis de Economista⁴ que adapta metodologías de investigación de impactos a nivel ex - ante, luego se tienen los trabajos del mismo Varona A. en 2012⁵, evaluando el impacto de una semilla transgénica de papa en Junín en entorno de riesgo, Luna, H.⁶ (2013) en Papa en Huánuco, Diez, R. Gómez, R. y Varona, A⁷, 2013, Guillén, L.⁸ (2014) sobre Papa en Junín y Guillén, L.⁹ (2015) sobre Regulaciones y Papa cisgénica

² Por ejemplo, si es una semilla que ofrece resistencia a Lepidópteros que el clima sea tal que permita la proliferación de lepidópteros dándole sentido económico a la inversión en dicha semilla.

³ No se recicla la semilla híbrida de una campaña a otra, se cumple con el paquete tecnológico indicado: Labores culturales, fertilización, irrigación, etc.

⁴ Con la Asesoría de Ramón Diez, líder investigador en Socioeconomía del Proyecto LAC Biosafety.

⁵ Con la Asesoría de Raquel Gómez, investigador en Socioeconomía del Proyecto LAC Biosafety.

⁶ Su tesis de economista contó con la Asesoría de Raquel Gómez, investigadora del Proyecto LAC Biosafety.

⁷ Artículo publicado en la Revista Fórum Empresarial de la Facultad de Empresariales de la Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico, 2013. Vol. 18, Número 1. Edición de Verano.

⁸ Tesis de economista contó con la Asesoría de Ramón Diez, Líder investigador del Proyecto LAC Biosafety.

⁹ Tesis de maestría en Economía de Recursos Naturales contó con la Asesoría de Ramón Diez, Líder investigador del Proyecto LAC Biosafety.

en Barranca, Echevarría, A.¹⁰ (2014) sobre papa en Junín en entorno de riesgo, Mogollón, R.¹¹ (2014) en Maíz en Jayanca, Abad, R.¹², (2014) en Maíz en Barranca.

En algunos casos se aplicó tanto el método de presupuesto parcial para la evaluación a corto plazo, como el método de excedentes económicos para la evaluación a largo plazo. En algunas investigaciones realizadas (Echevarría, A., 2014, Guillén, L., 2015 Y Mogollón, R. 2014) se incorporó el análisis de impacto ambiental mediante el uso del Coeficiente de Impacto Ambiental¹³.

Tabla 2. Clasificación de las investigaciones en Perú citadas en esta Tesis (1)

Autor(es)	Año	Cultivo	Presupuesto Parcial	Excedentes Económicos
Varona	2011	papa	sí	sí
Varona	2012	papa	sí	sí
Diez et al	2013	papa	sí	sí
Abad	2014	maíz	sí	no
Echevarría	2014	papa	sí	sí
Mogollón	2014	maíz	sí	sí
Guillén	2015	papa	sí	no
Tarazona	2016	maíz	sí	sí

Fuente: Elaboración propia

¹⁰Tesis de Economista contó con asesoría de Raquel Gómez, investigadora del Proyecto LAC Biosafety.

¹¹Tesis de economista contó con la Asesoría de Ramón Diez, Líder investigador del Proyecto LAC Biosafety.

¹²Tesis de economista contó con la Asesoría de Ramón Diez, Líder investigador del Proyecto LAC Biosafety.

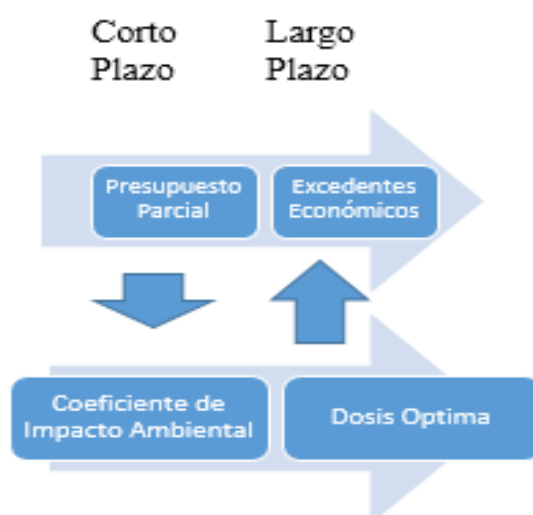
¹³ Conocido como EIQ por Environmental Impact Quotient.

Tabla 3 Clasificación de los métodos de las investigaciones en Perú citadas en esta Tesis (2)

Autor	Año	Coefficiente de Impacto Ambiental	Selección Óptima	Dosis Probabilístico
Varona	2011	no	no	no
Varona	2012	no	no	sí
Diez et al	2013	no	no	no
Abad	2014	no	no	no
Echevarría	2014	sí	no	no
Mogollón	2014	sí	no	sí
Guillén	2015	sí	sí	sí
Tarazona	2016	no	no	sí

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1. Forma en la que se integran los métodos de las investigaciones relacionadas



Fuente: Elaboración propia

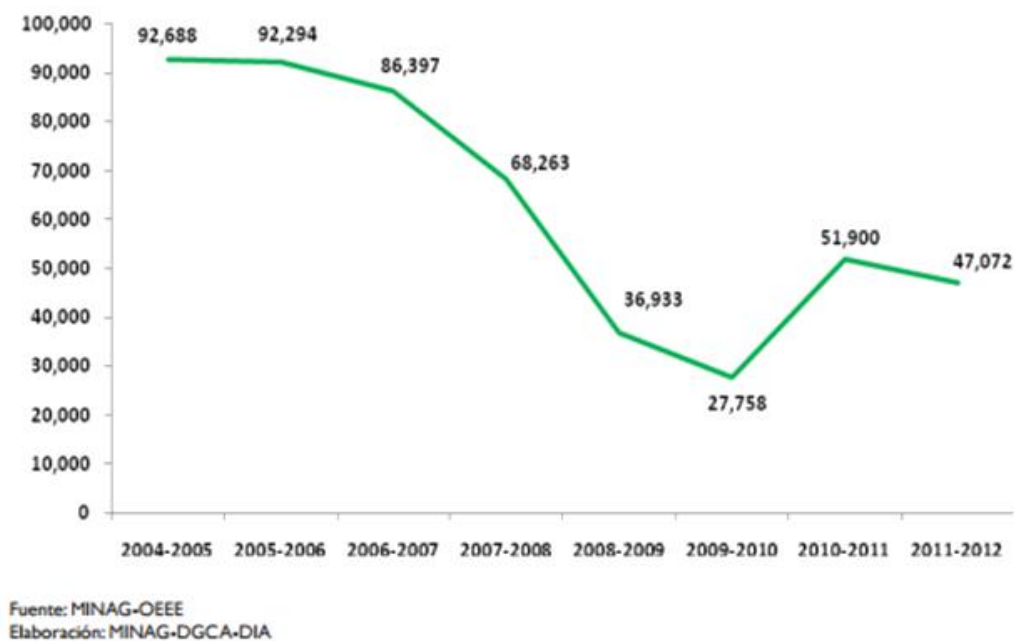
En el Gráfico 1 se puede ver el camino que puede tomar una investigación sobre liberación de semillas transgénicas. Los excedentes económicos requieren de la elaboración del presupuesto parcial para pasar del corto al largo plazo. Al presupuesto parcial se le puede medir el coeficiente de impacto ambiental para probar tratamientos. De ahí, Guillén (op cit) toma la dosis óptima para ver si en el largo plazo hay manera de que los productores obedezcan la regulación si se les induce. De esta manera se pueden medir los beneficios económicos a largo plazo de una política ambiental.

2.2. Tendencias del cultivo de algodón.

Para ilustrar el decrecimiento agudo, que ha sufrido la explotación de este cultivo, en la Región Piura, Ortega, G. (2004) en su tesis de Economista dice: “A mediados del siglo XX, el algodón, denominado en ese entonces “oro blanco”, representaba el 47% de las exportaciones del Perú, seguido por el azúcar y el petróleo con el 23% y 17%, respectivamente. La producción de algodón en el Perú se fue incrementando paulatinamente y hacia los años sesenta, nuestro país participaba ya con el 4.3% del volumen producido a nivel mundial y con el 3% de las exportaciones globales. Por su parte el Departamento de Piura, principal productor nacional de algodón extra-largo, exportaba más de 45 mil toneladas de fibra de la variedad Pima hacia países europeos y los Estados Unidos, anualmente. El algodón Pima peruano en ese entonces cotizaba en los mercados internacionales junto con los algodones más finos del mundo, percibiendo un precio bastante cercano al de la prestigiosa variedad egipcia Giza 70 (en un 95 a 96%, aproximadamente). Sus rendimientos eran similares o superiores a los de los principales países productores de variedades de fibra extra-larga como Estados Unidos y Egipto. Las siembras de este cultivo alcanzaban las 60 mil hectáreas y representaban aproximadamente el 50% superficie agrícola del departamento de Piura, generando más de 100 mil empleos y más de 10 millones de jornales directos e indirectos anuales. Asimismo, el Pima enfrenta un severo atraso tecnológico pues sus rendimientos se encuentran prácticamente al mismo nivel de hace tres décadas, esto es, un 78% y 39% por debajo de los rendimientos de Egipto y USA, y un 13% por debajo del rendimiento promedio mundial. Estos y otros factores han hecho que, pese a las condiciones ecológicas propicias que ofrece Piura para el desarrollo del cultivo, éste haya venido desapareciendo paulatinamente (en el 2003 las siembras de algodón ocuparon sólo el 3% de la superficie agrícola departamental), enfrentando una situación bastante crítica

en la actualidad” (Ortega, 2004, Páginas iii y iv). A nivel nacional el Ministerio de Agricultura nos brinda la tendencia de la superficie sembrada de algodón desde las campañas 2004-2005 a la campaña 2011 – 2012, se nota una clara tendencia decreciente como se puede ver en el gráfico siguiente.

Gráfico 2. Superficie Nacional Sembrada (ha)



Como se ve, de algo más de 92 mil hectáreas en la campaña 2004 -2005, la superficie sembrada se ha reducido a menos de 28 mil hectáreas en la campaña 2009 – 2010 y luego se ha recuperado hasta bordear las 50 mil hectáreas.

En cuanto al valle de Cañete, de 6,530 hectáreas en la campaña 2000 – 2001, la superficie para la campaña 2006 – 2007 se ha reducido a 3,530 hectáreas, como se puede ver en la tabla 4.

Tabla 4. Siembra de algodón por variedades en el Valle de Cañete.

Variedad	Campaña			
	2000_01	2002_03	2004_05	2006_07
Algodón (no especifica variedad)	6,530	5,275	5,517	-
Algodón híbrido Hazera	-	-	-	1,366
Algodón Tangüis	-	-	-	2,164
Total	6,530	5,275	5,517	3,530

Fuente: INEI, página web¹⁴

¹⁴Enlapágina:

proyectos.inei.gob.pe/web/biblioineipub/bancopub/est/lib0764/cuadros/c11006.xls

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito de la investigación.

La Provincia de Cañete, en la Región Lima, es una de las zonas importantes de producción de Algodón en la Costa Central, por ello será el ámbito geográfico de la investigación, específicamente en el Valle de Cañete. En las zonas rurales, la principal actividad económica es la agricultura.

3.2. Información: Procedencia y técnicas de captación de la información.

Se colectó información primaria empleando encuestas a los productores de la zona, así como de la oficina de estadística del Ministerio de Agricultura (MINAG), entre otras fuentes. Cabe señalar que no se realizó una encuesta representativa sino, tan solo un sondeo para verificar las plagas más importantes y las formas de control de las mismas. Cabe señalar que la reducción de las áreas de algodón ha llevado a que sólo queden las mejores unidades productoras de algodón en el valle. Se levanta información terciaria de textos que tratan la problemática de los transgénicos, el cultivo de algodón convencional y transgénico, las alternativas de la biotecnología y sobre los métodos de evaluación ex – ante de las alternativas transgénicas.

3.3. Hipótesis

3.3.1. Hipótesis General

La liberación de semilla de algodón Bollgard II resistente a insectos y herbicidas tendrá impactos económicos positivos para el productor en la Provincia de Cañete, Región Lima.

3.3.2. Hipótesis Específicas

- La liberación de una semilla de algodón Bollgard II genéticamente modificada elevará los beneficios de los productores de Algodón de Cañete.
- La adopción de algodón Bollgard II genéticamente modificado mejorará el bienestar social, pues incrementará los excedentes de los consumidores y de los productores de Cañete.

3.4. Modelos de análisis.

El método de presupuesto parcial es empleado para evaluar el impacto en rentabilidad de la liberación de una semilla de algodón Bollgard II resistente a insectos y herbicidas en entorno del software @Risk en la provincia de Cañete. El método de excedentes económicos se usa para evaluar si la liberación de esta semilla es beneficiosa para la región de Lima en el largo plazo.

3.4.1. Presupuesto parcial determinístico y probabilístico.

En el presupuesto parcial se trata de calcular el efecto de un cambio sobre los costos y la ganancia de la organización existente en la explotación. Solo se calcula los cambios en costos generados por la manera nueva de dirigir la explotación y los incrementos en rendimientos económicos derivados de la liberación de semillas GM de maíz amarillo duro. En los presupuestos parciales no se necesita incluir todos los costos y retribución de la producción, sino sólo aquellos que cambian entre las prácticas tradicionales de los agricultores y las nuevas alternativas de evaluación. Se sabe que es un método de organización de datos experimentales y la información acerca de los costos y beneficios de los diversos tratamientos alternativos. Un presupuesto parcial, entonces, es una forma de calcular el total de costos que varían y los beneficios netos de cada tratamiento en un experimento en la unidad agrícola.

Asimismo, incluye los rendimientos medios de cada tratamiento, los rendimientos ajustados y el beneficio bruto de campo (basado en el precio de campo de la cosecha). También incorpora todos los costos que varían para cada tratamiento. Las dos últimas líneas son los costos totales que varían y los beneficios netos. Mediante el presupuesto parcial con un análisis de riesgo, predecimos los costos y aumento de los ingresos entre las

dos alternativas de una semilla convencional de algodón y una semilla mejorada. El presupuesto para la producción de algodón por Hectárea, considera los costos de las labores de cultivo, las labores de cosecha, los insumos requeridos y otros, los cuales nos darán el denominado costo directo.

3.4.2 Modelo de excedentes económicos

Se aplica el modelo de excedentes económicos de Alston, Norton y Pardey (1995) modificado para incorporar el riesgo en el software @Risk, para evaluar la rentabilidad económica en el largo plazo, medida a través de los cambios causados por la innovación tecnológica en los excedentes de los productores y consumidores para la Región Lima.

VARIABLES DETERMINÍSTICAS Y PROBABILÍSTICAS. DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.

A través del método del presupuesto parcial, se analiza la variación de costos entre las alternativas, una usando la semilla convencional de algodón, y la otra implementando la semilla mejorada genéticamente Bollgard II. Para la obtención de los valores esperados de las variables probabilísticas, se aplica un análisis en entorno de riesgo con ayuda del software @Risk. Se debe tener en cuenta que el análisis está basado en el modelo de excedente económico, mediante un conjunto de ecuaciones que describen el mercado para una economía cerrada, derivándose un conjunto de fórmulas para calcular los excedentes de los consumidores, de los productores, y por último, el excedente total.

Para la aplicación del modelo de presupuesto parcial para el análisis económico de la rentabilidad de la liberación de semilla Bollgard II resistente a insectos y herbicidas, se considera la bibliografía para calcular el porcentaje de aumento del rendimiento de la nueva semilla resistente a las plagas objetivo del Bollgard II, en relación con la semilla existente.

VARIABLES DE ENTRADA

Se usa la estructura del análisis de precios unitarios para el cultivo del algodón. A tener en consideración, en primer lugar que los datos para el modelo determinístico están dados por información secundaria y primaria. Mientras, que para las variables probabilísticas se considera los valores esperados (VE) de las siguientes variables: Costo de Semilla, Gasto

en fertilizantes y pesticidas, Gasto en labores culturales, Gastos en cosecha, Gastos en guardianía, Alquiler de servicios, Gastos en agua, Precio del quintal cosechado, Rendimiento. Dadas las restricciones de información, se considera para todas las variables la distribución uniforme, con los parámetros mínimo y máximo. Una vez realizada la simulación se obtiene las variables de salida las cuales son:

Diferencial de beneficios: (Beneficios con la semilla nueva – Beneficios con la semilla convencional).

Beneficio costo marginal: (Beneficios al adoptar la semilla nueva/Costos por adoptar la nueva semilla).

Valor Actual Neto de cambios de los excedentes de Productor y Consumidor:

Muestra la variación de los excedentes de Productor y Consumidor, al liberar la semilla genéticamente modificada. Al no tener evidencia empírica no se puede hacer una evaluación ex – post de datos observados en Perú, pero se considera la evidencia empírica de Matin Qaim (2010) que efectuó análisis en India y otros países de los efectos de semillas Bollgard II en campos agrícolas para obtener los porcentajes de variación de las variables más importantes generados al adoptar la semilla Bollgard II.

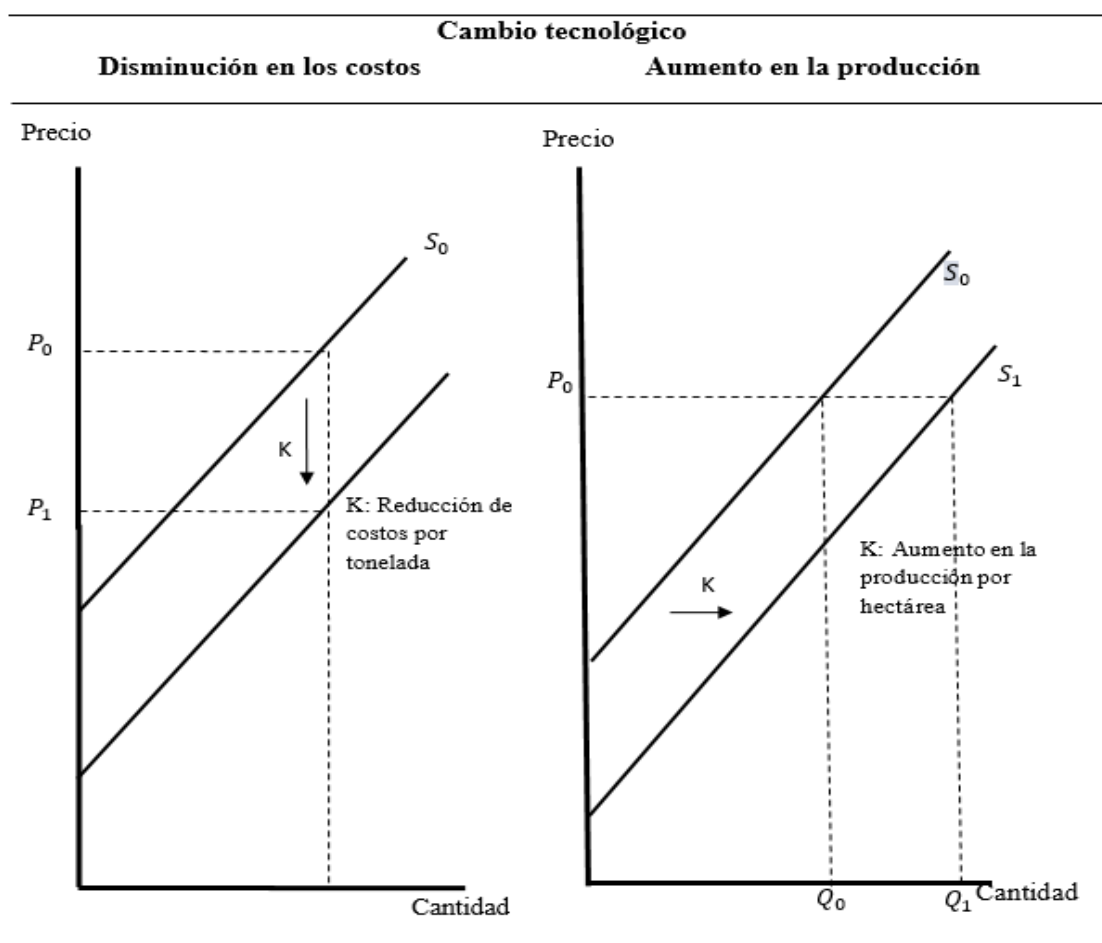
Tabla 5.Variación esperada de gastos en semilla, pesticidas y rendimiento por hectárea

Cambios	Porcentaje de variación
Gasto en semilla	Incremento en 138%
Gasto en pesticidas	Reducción en 55%
Rendimiento	Incremento en 18.5%

Fuente: Qaim, Matin (2010).

Elaboración propia

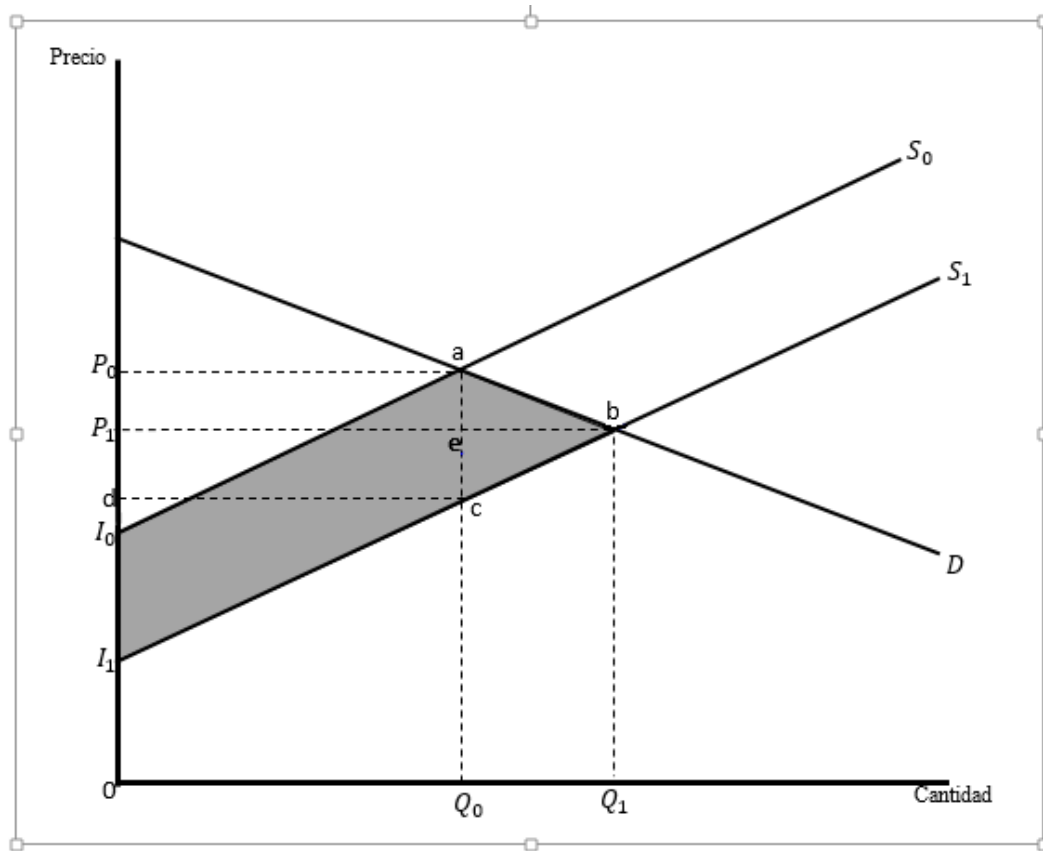
Gráfico 3. Efecto del cambio tecnológico en los costos y producción



Fuente: Falck Zepeda (2010)

Para una mejor descripción sobre la distribución de los excedentes gráfica y algebraicamente debido a un cambio tecnológico Alston et.al., (1995), señalan que en este modelo, 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 las investigaciones.

Gráfico 4. Distribución de los excedentes económicos por los beneficios de la investigación en semilla GM



Fuente: Alston et al. (1995)

El excedente económico será el valor total del incremento en consumo— área Q_0abQ_1 - menos el costo total del incremento de producción – área Q_0cbQ_1 (área abc).

Álgebra para el cálculo de los beneficios de la investigación en el caso de una economía cerrada

El modelo: La reducción relativa de precio se define como

$Z = K\varepsilon/(\varepsilon + \eta) = -(P_1 - P_0)/P_0$ donde P_0 y Q_0 son el precio y cantidad de equilibrio antes del cambio en la oferta. ε es la elasticidad de la oferta, y η es el valor absoluto de la elasticidad del precio de la demanda. La ecuación Z se obtiene resolviendo las ecuaciones lineales de la oferta y la demanda por el precio como función de parámetros de pendiente e intercepción, tratando así el cambio de la oferta como un cambio de intercepción, y convirtiéndolas en elasticidades:

$$\text{Oferta} \quad : \quad Q_S = \alpha + \beta(P + k) = (\alpha + \beta k) + \beta P$$

$$\text{Demanda} \quad : \quad Q_D = \gamma - \delta P$$

Donde k es el cambio hacia abajo de la oferta debido a un ahorro en los costos inducido por la investigación. $k = (P_0 - d)$ y el cambio de la oferta con respecto al equilibrio inicial es $K = k/P_0 = P_0 - d/P_0$.

Cambio en el precio de equilibrio: Poniendo $Q_S = Q_D = Q$ da el equilibrio de precio $P = (\gamma - \alpha - \beta k)/(\beta + \delta)$. Cuando $k = 0$, $P_0 = (\gamma - \alpha)/(\beta + \delta)$; cuando $k = KP_0$, $P_1 = (\gamma - \alpha - \beta KP_0)/(\beta + \delta)$. El cambio de precio inducido por las investigaciones es $(P_1 - P_0) = -\beta KP_0/(\beta + \delta)$ y el valor absoluto del cambio relativo en precio es dado por $-(P_1 - P_0)/P_0 = \beta K/(\beta + \delta)$. Convirtiendo las pendientes a elasticidades da como resultado

$$Z = K\varepsilon/(\varepsilon + \eta) = -(P_1 - P_0)/P_0.$$

Excedente del consumidor: el cambio del excedente del consumidor se da por:

$$\Delta CS = \text{área } P_0 a b P_1 = \text{rectángulo } P_0 a e P_1 + \text{triángulo } o a b e = (P_0 - P_1)Q_0 + 0.5(P_0 - P_1)(Q_1 - Q_0)$$

$$\text{o también} \quad \Delta CS = (P_0 - P_1)Q_0 [1 + 0.5(Q_1 - Q_0)/Q_0]. \quad \text{Usando que}$$

$$Z = -(P_1 - P_0)/P_0 \text{ para que } Z\eta = (Q_1 - Q_0)/Q_0 \text{ da como resultado}$$

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

Excedente del productor: El cambio en el excedente del productor está dado por:

$\Delta PS = \text{área}P_1bI_1 - \text{área}P_0aI_0 = P_1bcd + dcl_1 - P_0aI_0 = P_1bcd$ dado que $dcl_1 = P_0aI_0$ bajo los supuestos de un cambio paralelo de la oferta y la oferta y demanda son lineales.

$$\Delta PS = P_1bcd = \text{rectángulo}P_1ecd + \text{triángulo}bce = (P_0 - d)Q_0 + 0.5(P_0 - d)(Q_1 - Q_0)$$

Por ende, $\Delta PS = (P_1 - d)Q_0[1 + 0.5(Q_1 - Q_0)/Q_0]$.

Podemos definir $(P_1 - d) = (P_0 - d) - (P_0 - P_1) = KP_0 - ZP_0$ y también que $(Q_1 - Q_0)/Q_0 = Z\eta$. Por ello, $\Delta PS = (K - Z)P_0(1 + 0.5Z\eta)$.

Excedente total: Tome nota que $\Delta TS = \Delta PS + \Delta CS = P_0abcP_1 (= P_0acd + abc)$, que en esta instancia es igual a I_0abl_1 dado que $P_0acd = I_0acl_1$ bajo “la ley de los paralelogramos”.

a en

India de Qaim (2010), y la de Argentina de Elena de Bianconi (2003). El incremento en el precio de la semilla modificada es tomado del caso de India de Qaim (2010). Al costo de pesticidas se le aplicó la variación de Qaim (2010). En el modelo de presupuesto parcial este cambio está incluido en ese 11% debido a que no hay variación en fertilizantes. El incremento del rendimiento también se tomó de Qaim (2010)

Para completar datos para el modelo de excedentes económicos se empleó un modelo Arima (Aznar y Trivez, 1993) para avanzar los 3 años que faltaban, dado que la página del Ministerio de Agricultura y Riego solo provee la cantidad producida en la región Lima hasta el año 2014. Se eligió este método porque no se necesita calcular parámetros adicionales para la estimación. La elasticidad de oferta del algodón es la de Shepherd para el Perú (2006).

La elasticidad de demanda del algodón es un valor esperado entre la elasticidad de Colombia estimada por Martínez-Reina y Hernández (2015) y 1 porque no se encontró un valor que hiciese de máximo para la distribución que fuese otro país cercano. Con esto se supone que la demanda de algodón es inelástica. Los costos de investigación son estimados así como los de transferencia, en base a información obtenida en entrevistas con investigadores como el Dr. Enrique Fernández Northcote. La tasa de descuento es la

provista por el Ministerio de Economía de 9%. Las tasas de adopción son las utilizadas por Tarazona (2016).

Limitaciones

- Escasas observaciones
- No se aplicaron los análisis de Guillén (2015): Usar Marcowitz y el EIQ para evaluar el impacto ambiental.

Escenario base.

Para efectuar los cálculos del impacto de la aplicación de la semilla Bollgard II se parte de un escenario base, conformado a partir de la información obtenida de la observación de las parcelas evaluadas en el sondeo.

Tabla 6. Escenario base

Variable -----Agricultor	Aliaga	Huamán	Francia	Taype	Torres
Superficie cosechada en has	1.00	3.50	3.00	3.50	2.00
Variedad	Hazera	Ipa Pima	Hazera	Hazera	Ipa pima
Costo total de la semilla	756.00	456.00	2,220.00	2,520.00	520.00
Cantidad de semilla en Kg	9.00	50.00	30.00	30.00	28.00
Número de riegos tradicionales	17.00	8.00	21.00	3.00	4.00
Aplicaciones de herbicidas	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00
Aplicaciones de insecticidas	7.00	6.00	5.00	7.00	8.00
Número de jornales	101.75	156.00	182.50	138.00	118.00
Costo total en reguladores	48.00	149.40	86.00	99.00	133.88
Costo total en plaguicidas	322.80	974.50	839.20	1,831.04	1,368.97
Costo total en herbicidas	72.50	207.10	277.00	150.60	114.00
Costo total en fertilizantes	2,294.25	6,562.00	6,144.50	7,192.87	4,326.00
Quintales cosechados	118.40	312.44	214.00	395.60	206.00

Precio del quintal cosechado	167.13	156.61	145.00	155.00	151.50
Ingreso por lote	-	1,800.00	-	-	1,500.00
Rendimiento/ha	118.40	89.27	71.33	113.03	103.00
Costo de preparación de terreno	560.00	1,490.00	1,495.00	2,160.00	1,080.00
Costo de siembra	97.50	404.00	712.50	810.00	375.00
Costo del medio	3,997.50	5,036.00	5,305.00	4,780.00	3,235.00
Costo de la cosecha	6,461.50	9,346.89	6,631.00	15,048.00	5,968.00
Guardianía	1,920.00	560.00	1,050.00	1,080.00	1,000.00
Alquiler	1,666.67	8,750.00	3,750.00	8,750.00	7,300.00
Recibo de agua	350.00	507.00	225.00	507.00	288.91
Costo total	18,846.72	34,442.89	28,735.20	44,928.51	25,709.75
Utilidades	942.03	16,286.96	2,294.80	16,389.49	6,999.25

Fuente: Sondeo en el Valle de Cañete a productores de algodón. (2015 – 2016).

A partir de la información, se obtuvieron los estadísticos del escenario base, con los cuales se podrá generar los valores esperados de las diversas variables probabilísticas.

Tabla 7. Estadísticos del escenario base

Variable -----Estadístico	Media	Mínimo	Máximo	Valor esperado
Superficie cosechada en hectáreas	2.60	1.00	3.50	2.25
Costo total de la semilla	1,294.40	456.00	2,520.00	1,488.00
Cantidad de semilla empleada en Kg	29.40	9.00	50.00	29.50
Número de riegos tradicionales	10.60	3.00	21.00	12.00
Aplicaciones de herbicidas	1.20	1.00	2.00	1.50
Aplicaciones de insecticidas	6.60	5.00	8.00	6.50
Número de jornales	139.25	101.75	182.50	142.13
Costo total en reguladores	103.26	48.00	149.40	98.70
Costo total en plaguicidas	1,067.30	322.80	1,831.04	1,076.92

Costo total en herbicidas	164.24	72.50	277.00	174.75
Costo total en fertilizantes	5,303.92	2,294.25	7,192.87	4,743.56
Quintales cosechados	249.29	118.40	395.60	257.00
Precio del quintal cosechado	155.05	145.00	167.13	156.07
Ingreso por lote	660.00	-	1,800.00	900.00
Rendimiento	99.01	71.33	118.40	94.87
Costo de preparación de terreno	1,357.00	560.00	2,160.00	1,360.00
Costo de siembra	539.80	375.00	810.00	592.50
Costo del medio	4,470.70	3,235.00	5,305.00	4,270.00
Costo de la cosecha	8,691.08	5,968.00	15,048.00	10,508.00
Guardianía	1,122.00	560.00	1,920.00	1,240.00
Alquiler	6,043.33	1,666.67	8,750.00	5,208.33
Recibo de agua	375.58	225.00	507.00	366.00
Costo total	30,532.61	18,846.72	44,928.51	31,887.61
Utilidades	8,582.51	942.03	16,389.49	8,665.76

Fuente: Elaboración propia

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados.

4.1.1. Diferencia en rendimientos empleando semilla convencional y Bollgard II.

En la tabla 7 se detalla la obtención de las utilidades descritas en el título. A consecuencia de la utilización del algodón Bollgard II solución Round Up Flex, se aprecia un incremento del costo de la semilla en 138% y una reducción del gasto de fertilizantes y pesticidas del 11%.

Tabla 8. Variaciones de variables probabilísticas al adoptar algodón Bollgard II

Detalle	Convencional	Bollgard II	Variaciones
Semilla	661.33	1,573.97	138.00%
Fertilizantes y pesticidas	2,708.41	2,403.85	-11.00%
Labores culturales	2,765.56	2,665.56	-4.00%
Cosecha	4,670.22	5,528.05	18.00%
Guardianía (fijo)	1,240.00	1,240.00	0.00%
Alquiler	2,314.81	2,314.81	0.00%
Recibo de agua	162.67	162.67	0.00%
Total de costos	14,523.01	15,888.90	9.00%
Rendimiento (qq/ha)	94.87	112.42	18.50%
Precio	156.07	156.07	0.00%

Fuente: Sondeo a productores del Valle de Cañete (2016).

Elaboración propia

Debido a la resistencia a *Pseudioplusia includens*, *Bucculatrix thurberiella*, *Heliothis virescens* y *Pectinophora gossypiella*¹⁶, se espera un incremento promedio del 18.5% del rendimiento de acuerdo a la experiencia de Matin Qaim (2010).

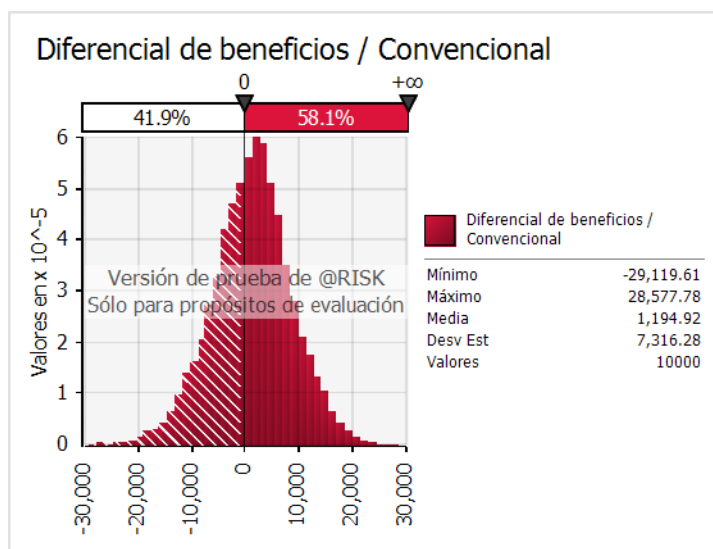
Tabla 9. Variaciones de ingresos, costos y beneficios al aplicar Bollgard II.

Diferencial de ingresos	2,739.03
Diferencial de costos	1,365.89
Diferencial de beneficios	1,373.13

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que los costos incrementan debido a la semilla. La diferencia entre los beneficios entre uno y otro método para una hectárea es de 1373.13 soles.

Gráfico 5. Salida @Risk del Diferencial de beneficios Bt/Convencional



Fuente: Salida del @Risk

¹⁶ Según información de Monsanto en su página oficial <http://www.monsanto.com/global/lan/products/documents/bollgard.pdf>

Gracias al uso del @Risk se puede observar que el diferencial de beneficios tiene el 58.1% de escenarios positivos, por lo que sería recomendable la semilla transgénica en discusión.

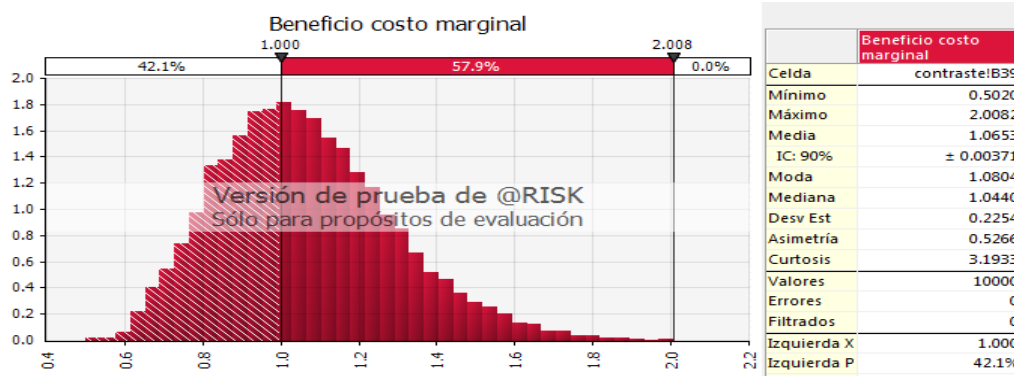
Tabla 10. Beneficio costo marginal

Análisis de Beneficio costo marginal	
Beneficios adicionales	
Nuevos Ingresos	17,544.62
Costos abandonados	14,523.00
Total de Beneficios	32,067.62
Costos adicionales	
Ingresos abandonados	14,805.58
Costos nuevos	15,888.90
Total de Costos	30,694.49
Beneficio costo marginal medio esperado	1.04

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 9 se puede concluir que por cada sol que el agricultor asigna a la producción del algodón Bollgard II solución Round Up Flex, estaría ganando cuatro céntimos de sol. Lo que podría interpretarse como una tasa de interés marginal de 251 días del cuatro por ciento.

Gráfico 6. Salida del @Risk del Beneficio costo marginal



Fuente: Salida del @Risk

El cálculo del Beneficio costo marginal muestra una probabilidad del 57.9% de que los productores obtengan un incremento máximo de su beneficio neto en 1 sol, por cada aumento de 1 sol en sus costos de producción.

4.3 Evaluación del cambio de los excedentes económicos de los consumidores y productores

Como señalan Alston et al. (1995), los métodos para evaluar los impactos de los cultivos transgénicos en el bienestar social se basan en el enfoque de los excedentes económicos. En la tabla 11, la columna de K insumos, muestra el incremento de la producción en caso se cultive la semilla GM, desde su primer año en la totalidad del área cultivada. La columna Z, mostrará el desplazamiento de curva de oferta (K max), desde un valor de 0.0089 cuando la tasa de adopción es 0.028 a 0.2551 cuando se presente una nueva tasa de adopción igual a 0.8, valor que representará la utilización en el tiempo de la semilla genéticamente modificada por los productores. Respecto al precio (columna Z), éstos disminuirán en el tiempo por incorporación de una mayor cantidad de productores, en función de la adopción por introducción de la semilla GM, el mismo que aminorará del 0.0032 en su primer año, constando una tasa de adaptación del 2.8%, hasta alcanzar una disminución del 0.0915 en el quinto año, bajo una probabilidad de adopción del 80%, de parte de los productores de algodón ,que a partir del año descrito, utilizarían la semilla de algodón resistente a *Pseudoplusia includens*, *Bucculatrix thurberiella*, *Heliothis virescens* y *Pectinophora gossypiella*. Lo que se resume en una disminución del precio a 3,082.18 soles por tonelada desde el quinto año.

Tabla 11.Desplazamiento de la Oferta (K) y la variación de precios con afectación de la nueva tecnología (Z) (a)

Año	Elasticidad de demanda	Elasticidad de la oferta	Cambio en rendimiento	Cambio equivalente rendimiento	Cambio de costos insumos	Cambio de equivalent e costos
1	0.83	0.46	0.185	0.39825199	0.094050	0.07936766
2	0.83	0.46	0.185	0.39825199	0.094050	0.07936766
3	0.83	0.46	0.185	0.39825199	0.094050	0.07936766
4	0.83	0.46	0.185	0.39825199	0.094050	0.07936766
5	0.83	0.46	0.185	0.39825199	0.094050	0.07936766
6	0.83	0.46	0.185	0.39825199	0.094050	0.07936766
7	0.83	0.46	0.185	0.39825199	0.094050	0.07936766
8	0.83	0.46	0.185	0.39825199	0.094050	0.07936766
9	0.83	0.46	0.185	0.39825199	0.094050	0.07936766
10	0.83	0.46	0.185	0.39825199	0.094050	0.07936766
11	0.83	0.46	0.185	0.39825199	0.094050	0.07936766
12	0.83	0.46	0.185	0.39825199	0.094050	0.07936766
13	0.83	0.46	0.185	0.39825199	0.094050	0.07936766
14	0.83	0.46	0.185	0.39825199	0.094050	0.07936766
15	0.83	0.46	0.185	0.39825199	0.094050	0.07936766
16	0.83	0.46	0.185	0.39825199	0.094050	0.07936766

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Desplazamiento de la Oferta (K) y la variación de precios con afectación de la nueva tecnología (Z) (b)

Año	Cambio neto insumos (K potencial)	Proba-bilidad de éxito	Tasa de adop-ción	Tasa depre-ciación	Kmax	Z	Precio (en soles por tonelada)
1	0.3188843	1	0.028	1	0.008928	0.0032040	3392.7686
2	0.3188843	1	0.16	1	0.051021	0.0183085	3392.7686
3	0.3188843	1	0.5	1	0.159442	0.0572143	3392.7686
4	0.3188843	1	0.8	1	0.255107	0.0915429	3392.7686
5	0.3188843	1	0.8	1	0.255107	0.0915429	3392.7686
6	0.3188843	1	0.8	1	0.255107	0.0915429	3392.7686
7	0.3188843	1	0.8	1	0.255107	0.0915429	3392.7686
8	0.3188843	1	0.8	1	0.255107	0.0915429	3392.7686
9	0.3188843	1	0.8	1	0.255107	0.0915429	3392.7686
10	0.3188843	1	0.8	1	0.255107	0.0915429	3392.7686
11	0.3188843	1	0.8	1	0.255107	0.0915429	3392.7686
12	0.3188843	1	0.8	1	0.255107	0.0915429	3392.7686
13	0.3188843	1	0.8	1	0.255107	0.0915429	3392.7686
14	0.3188843	1	0.8	1	0.255107	0.0915429	3392.7686
15	0.3188843	1	0.8	1	0.255107	0.0915429	3392.7686
16	0.3188843	1	0.8	1	0.255107	0.0915429	3392.7686

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Desplazamiento de Oferta (K) y variación de precios por nueva tecnología (Z)
(c)

Año	Cantidad toneladas	Cambio en excedente total	Cambio en excedente productor	Cambio en excedente consumidor	Suma EC y EP
0	2,738.23				
1	2,738.23	83060.225	53254.839	29805.386	83060.23
2	2,738.23	477601.08	306218.39	171382.69	477601.1
3	2,738.23	1516419.4	972266.49	544152.96	1516419
4	2,738.23	2460035	1577274.4	882760.58	2460035
5	2,738.23	2460035	1577274.4	882760.58	2460035
6	2,738.23	2460035	1577274.4	882760.58	2460035
7	2,738.23	2460035	1577274.4	882760.58	2460035
8	2,738.23	2460035	1577274.4	882760.58	2460035
9	2,738.23	2460035	1577274.4	882760.58	2460035
10	2,738.23	2460035	1577274.4	882760.58	2460035
11	2,738.23	2460035	1577274.4	882760.58	2460035
12	2,738.23	2460035	1577274.4	882760.58	2460035

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Desplazamiento de la Oferta (Z) y la variación de precios con afectación de la nueva tecnología (Z) (d)

Año	Costos de investigación	Costos de transferencia	Beneficios netos
0	5,500,000.00		-5,500,000.00
1	-	33,900.00	49160.23
2		33,900.00	443701.1
3		33,900.00	1482519
4		33,900.00	2426135
5			2460035
6			2460035
7			2460035
8			2460035
9			2460035
10			2460035
11			2460035
12			2460035
13			2460035
14			2460035
15			2460035
16			2460035
		VAN	S/.
		BN(9%)	10,261,427
		TIR	26.15%

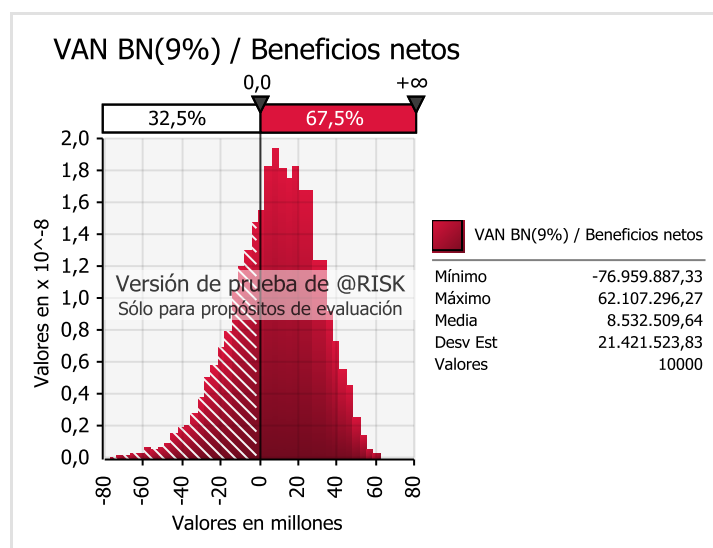
Fuente: Elaboración propia

De igual modo, en la tabla 12, se puede apreciar la proyección de los excedentes del productor, consumidor y en la tabla 13 se visualiza el Valor actual neto (VAN) del cambio en excedentes de consumidores y productores, generados por la adopción de la semilla Bollgard II Solución Round Up Flex.

Los resultados obtenidos, al operar matemáticamente, detallan que desde el primer año se efectúan incrementos en el beneficio del consumidor; a consecuencia de una mayor tasa de adopción, alcanzado niveles de un millón cuarenta y seis mil setenta y un soles en el quinto

año, a una tasa de adopción del 80% (2021). En tanto que los productores también mejorarían sus beneficios, en un millón ochocientos sesenta y nueve mil setenta y ocho soles, con una tasa de adopción del 80%. En resumen, con una inversión inicial por gastos de investigación en S/. 5 500 000 y gastos de transferencia anual de S/. 33900 en el segundo año, tercero y cuarto año, tendremos un VAN de S/. 10261427 con una tasa de descuento del 9%. Con respecto a los resultados de la simulación de Monte Carlo, empleando el @Risk, se puede ver que la liberación de la semilla transgénica es beneficiosa en el largo plazo para la región de Lima en el 67.5% de los escenarios con un máximo de S/. 62,107,296.27 en el mejor de los casos , un valor mínimo de S/. -76,959,887.33, en el peor de los casos y una media de S/. 8,532,509.64.

Gráfico 7. Valor Actual Neto de los Beneficios Netos



Fuente: Salida del @Risk

Discusión de resultados

En este apartado se sigue lo que Falck-Zepeda (2008) aplicó en su modelo de excedentes económicos: reemplazar los valores puntuales de la cuota de tecnología (el precio de la semilla Bt), la elasticidad oferta, la productividad y la diferencia de costos entre algodón convencional y Bollgard por distribuciones de probabilidad. Luego se deja actuar el simulador, en este caso @Risk, hasta que la diferencia entre iteraciones sea insignificante. En esta tesis, se hizo lo mismo.

Falck - Zepeda (op cit) dice que: *“La presión a la baja de los precios mundiales de las altas tasas de adopción en el resto del mundo es lo que crea la posibilidad de que los países del occidente africano tengan que adoptar la tecnología con tal de competir en un mercado global. Sin embargo, al incluir en el cálculo los beneficios obtenidos por los innovadores, los beneficios netos, en algunos escenarios, son pequeños.”* (página 204)

Empleando la evaluación ex post, Qaim (2010) brinda los valores obtenidos en varios países de tal manera que no es irreal esperar que nuestros resultados de simulación caigan dentro de los límites establecidos en el meta análisis. El único problema para que el Valor Actual Neto sea positivo es que la elasticidad oferta tiene que ser menor a 0,95 por la forma del modelo. Tenemos el dato de Shepherd, así que no es problema. Si no, las cosas se complican porque una cosa es promover que con la superficie que ya se destina a producir algodón se cambie de semilla, y otra cosa más difícil es convencer a más agricultores que siembren algodón con la semilla transgénica con la promesa de que es beneficioso para la sociedad en el largo plazo.

Analicemos las combinaciones de porcentaje de cambio en los costos y el cambio en el Valor Actual Neto

Tabla 15. Porcentaje de cambio en los costos y cambio en el Valor Actual Neto (VAN)

% de cambio en los costos	Cambio en el Van
5	12183296,49
9	10437527,72
12	9136301,882
33,53375968	0
0	14382866,17

Analicemos las combinaciones de porcentaje de cambio en el rendimiento y el cambio en el Valor Actual Neto

Tabla 16. Porcentaje de cambio en los costos y cambio en el Valor Actual Neto (VAN)

% de cambio en el rendimiento	Cambio en el Van
5	-4740213,873
9	0
10	716082,0783
15	6289629,694
18,5	10261427,36

V. CONCLUSIONES

Los resultados nos dicen que la liberación de Algodón Bollgard II Solución Round Up Flex resistente a *Pseudoplusia includens*, *Bucculatrix thurberiella*, *Heliothis virescens* y *Pectinophora gossypiella* es rentable a corto plazo, en la provincia de Cañete y a largo plazo en la región Lima, para el cultivo de algodón debido a que existiría un incremento de beneficios económicos para los productores en el corto plazo y a largo plazo, se observa un incremento de excedentes para productores y consumidores.

Dichos resultados, empleando; en un primer plano, el análisis del método de presupuesto parcial, muestran un incremento en el beneficio neto del productor, a consecuencia del mayor rendimiento de toneladas por hectáreas del Algodón Bollgard II Solución Round Up Flex. Si bien es cierto, el costo de la semilla genéticamente modificada aumenta, el productor obtiene un beneficio de 4 céntimos de sol, por cada sol que le dejó de asignar a la producción de algodón convencional. Cada hectárea de algodón convencional, en la provincia de Cañete, está generando 1,373.13 soles menos de utilidades antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones con respecto a lo que, estimamos, generaría el Algodón Bollgard II Solución Round Up Flex.

Respecto al análisis de largo plazo con el modelo de excedentes económicos, la investigación brinda resultados significativos, los cuales se alcanzan en el quinto año, bajo una tasa de adopción en los productores del 80%. Los productores obtendrían un incremento de su excedente de más de un millón y medio de soles (1'577274.403 soles), mientras que los consumidores incrementarían su excedente en más de ochocientos miles de soles (882760.5764 soles).

VI. RECOMENDACIONES

Si se desea mejorar el bienestar del consumidor y productor de algodón, sería de vital importancia la autorización de los cultivos genéticamente modificados.

Sin embargo, antes de liberar deberían hacerse estudios donde se puedan medir los impactos ambientales. De esta manera a los beneficios económicos a corto y largo plazo se le resta la valoración de los efectos ecológicos que produce la liberación de la semilla tratada en esta tesis.

Como estamos hablando de algodón, como recomendación quedaría hacer reservas de Algodón del País, como reserva genética, para enriquecer el germoplasma del algodón comercial.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Alston, J; Norton, G. and Pardey, P. 1995. Science under scarcity: Principles and practice for agricultural research evaluation and priority setting. Wallingford: CAB International
- 2) Aznar, A. y Trivez, F.J.1993. Métodos de Predicción en Economía II. Análisis de series temporales Editorial Ariel Economía, Barcelona 1993.
- 3) Brookes, G., & Barfoot, P. 2010. Global impact of biotech crops: Environmental effects, 1996-2008. *AgBioForum*, 13(1), 76-94. <http://www.agbioforum.org/v13n1/v13n1a06-brookes.htm>.
- 4) Cardozo, Fernando, Irma Baquero Haeblerlin, B. Agudelo, A. Morales, A. David, J. Arguelles, and A. Martínez. “Evaluación de los impactos socioeconómicos de la introducción de algodón genéticamente modificado en la Costa Atlántica colombiana.” 2012. <http://www.lacbiosafety.org/wp-content/uploads/2013/05/Colombia2.pdf>.
- 5) Constable, G.A., and Bange, M.P. 2015. The yield potential of cotton (*Gossypium hirsutum* L.)” CSIRO Agriculture Flagship, Locked Bag 59, Narrabri 2390 Australia, July 15, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.017>.
- 6) Cuno, Fredy. 2013. Análisis de La Eficiencia Técnica Mediante La Metodología de Fronteras Estocásticas: El Caso de Los Productores de Algodón Del Valle de Cañete. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Economía Agrícola, EPG - Universidad Nacional Agraria La Molina.
- 7) Diez Matallana, Ramón, Raquel Gómez Ocorima, y Adriano Varona Manrique. 2013. Análisis de metodologías de evaluación antes y después de cambios tecnológicos: el caso de la liberación de los organismos genéticamente modificados en Perú. En revista *Forum Empresarial*, verano 2013, Vol. 1. Facultad de Administración. Universidad de Puerto Rico.
- 8) Elena de Bianconi, Mirta Graciela. “Two Years of Insect Protected Bt Transgenic Cotton in Argentina: Regional Field Level Analysis of Financial Returns and Insecticide Use.” *Journal of New Seeds* 5, no. 2–3 (2003).

- 9) http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1300/J153v05n02_08?journalCode=wjns20.
- 10) Falck Zepeda, José, Barreto Triana, Nancy, Baquero Haeberlin, Irma, Espitia Malagón, Eduardo, Fierro Guzmán, Humberto y López, Nancy. “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,” May 2006, 56.
- 11) Falck Zepeda, José, Daniela Horna, and Melinda Smale. “Betting on cotton: Potential payoffs and economic risks of adopting transgenic cotton in West Africa,” September 2008.
- 12) Guillén Vidal, Luis Alberto. 2015. Impacto económico de la regulación ambiental en la producción de papa. Distrito Barranca. Región Lima.” Agraria La Molina.
- 13) Hareau, Guy, Mills, Bradford F., and Norton George W. 2005. Arroz transgénico en Uruguay: Un modelo de simulación para estimar los beneficios potenciales, en [http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/121683/2/Hareau,%20Mills%20%26%20Norton%20\(2005\)%20INIA%20ST%20153%20-%20arroz%20transg%C3%A9nico.pdf](http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/121683/2/Hareau,%20Mills%20%26%20Norton%20(2005)%20INIA%20ST%20153%20-%20arroz%20transg%C3%A9nico.pdf).
- 14) Martínez-Reina AM, Hernández MJ. 2015. La competitividad del algodón colombiano frente a los principales países productores mediante el enfoque de costos de producción. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecu.* 16(2):189-215
- 15) Ministerio de Agricultura y Riego. 2012. El algodón. Principales aspectos de la cadena agroproductiva. Lima, Perú.
- 16) Ministerio de Agricultura y Riego. Series Históricas de Producción Agrícola - Compendio Estadístico, n.d. Página oficial actualizada permanentemente. http://frenteweb.minag.gob.pe/sisca/?mod=consulta_cult. Lima, Perú.
- 17) Mogollón Ñáñez, Raymundo. 2014. Rentabilidad del maíz amarillo duro (*Zea mays*) resistente al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el distrito de Jayanca, departamento de Lambayeque. Tesis para optar el título de Economista, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- 18) Monsanto. “Manual Del Algodonero,” n.d. en la página oficial de la empresa: <http://www.monsanto.com/global/lan/productos/documents/bollgard.pdf>.

- 19) Ortega Suárez, Gabriela. 2004. El cultivo del algodón en el departamento de Piura: una configuración y diagnóstico de su cadena productiva. Tesis para optar el título de Economista, Universidad de Piura.
- 20) Qaim, Martin. 2010. Benefits of genetically modified crops for the poor: household income, nutrition, and health. *New Biotechnology* Volume 27, Number 5 November 2010. Research paper
- 21) Shepherd, Benjamin. “Estimating price elasticities of supply for cotton: a structural time-series approach,” Agosto 2006. <http://www.fao.org/3/a-ah470e.pdf>.
- 22) Tarazona, Carlos. 2016. Rentabilidad del maíz amarillo duro (*Zea mays*) resistente al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en la costa del Perú. Tesis para optar el título de Economista en la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- 23) Valdez Barbosa, Alberto. 2011. Las pequeñas y medianas empresas -Pymes- textiles y la producción de algodón en el Marco de la apertura comercial 1990-2008. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Economía Agrícola, EPG - Universidad Nacional Agraria La Molina.
- 24) Varona Manrique, Adriano. 2012. Efectos socio-económicos de la liberación de semilla genéticamente mejorada de papa del cultivar canchán en el distrito de Huasahuasi, región Junín. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Economía Agrícola, EPG - Universidad Nacional Agraria La Molina.
- 25) Veramendi Hidalgo, Teodorico, y Lam Vargas, Segundo. 2011. “Guía Técnica Curso-Taller Manejo Integrado Del Algodón Jornada de Capacitación Universidad Nacional Agraria La Molina-Agrobanco,”
- 26) Zevallos Diez, Raúl. 2015. Impacto de uso de semillas mejoradas en el rendimiento de los principales cultivos del Perú: algodón, arroz, maíz amarillo duro y papa. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Economía Agrícola, EPG - Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015 (En revisión para su publicación).

VIII. ANEXOS

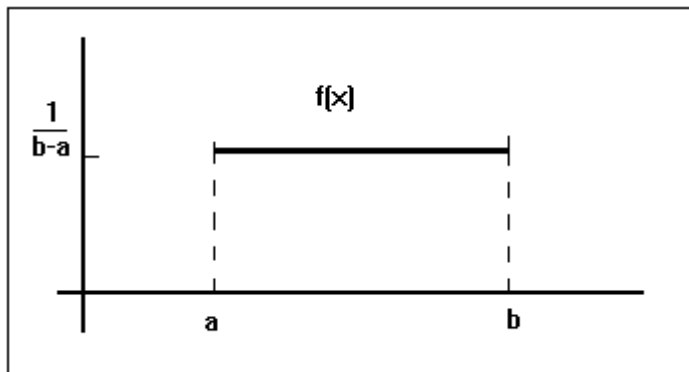
Anexo 1. Distribución Uniforme: Considerada como distribución continua o distribución rectangular, la cual modela un rango de valores en igual probabilidad (www.support.minitab.com), se definirá por un máximo o mínimo de las variables en estudio.

Parámetros de la Distribución Uniforme

Densidad	$f(x) = \frac{1}{b - a}$
Distribución	$f(x) = \frac{x - a}{b - a}$
Parámetros	$a \leq b$
Dominio	$a \leq x \leq b$
Media	$\frac{a + b}{2}$
Varianza	$\frac{(b - a)^2}{12}$

Fuente: Master en Finanzas – Universidad del CEMA (2006)

Figura 1: Representación de Distribución Uniforme



Fuente: Universidad de Valencia – www.uv.es

Según la Figura 1, se muestra que la probabilidad se asigna a lo largo del intervalo, donde la probabilidad de ocurrencia de algún suceso estará supeditado al rango, es por ello que solo se toma como valores, a su máximo y mínimo, entre sus variables aleatorias.

Anexo 2. Escenario Hipotético con Algodón Bollgard II

Variable -----Agricultor	Aliaga	Huamán	Francia	Taype	Torres
Superficie cosechada en has	1.00	3.50	3.00	3.50	2.00
Costo total de la semilla	1,799.28	1,085.28	5,283.60	5,997.60	1,237.60
Cantidad de semilla empleada Kg	9.00	50.00	30.00	30.00	28.00
Número de riegos tradicionales	17.00	8.00	21.00	3.00	4.00
Aplicaciones de herbicidas	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00
Aplicaciones de insecticidas	5.00	4.00	3.00	5.00	6.00
Número de jornales	100.25	147.00	174.50	134.00	108.00
Costo total en reguladores	48.00	149.40	86.00	99.00	133.88
Costo total en plaguicidas	154.06	448.98	400.68	492.47	629.24
Costo total en herbicidas	72.50	207.10	277.00	150.60	114.00
Costo total en fertilizantes	2,294.25	6,562.00	6,144.50	7,192.87	4,326.00
Quintales cosechados	140.30	370.24	253.59	468.79	234.86
Precio del quintal cosechado	167.13	156.61	145.00	155.00	151.50
Ingreso por lote	-	1,800.00	-	-	1,500.00
Rendimiento	140.30	105.78	84.53	133.94	117.43
Costo de preparación de terreno	560.00	1,490.00	1,495.00	2,160.00	1,080.00
Costo de siembra	397.50	404.00	712.50	810.00	375.00
Costo del medio	3,892.50	4,566.00	5,105.00	4,060.00	2,985.00
Costo de la cosecha	7,584.73	11,076.06	7,133.83	17,804.13	7,072.08
Guardianía	1,920.00	560.00	1,050.00	1,080.00	1,000.00
Alquiler	1,666.67	8,750.00	3,750.00	8,750.00	7,300.00
Recibo de agua	350.00	507.00	225.00	507.00	288.91
Costo total	20,739.48	35,805.82	31,663.11	49,103.67	26,541.70
Utilidades	2,710.18	23,976.05	5,107.44	23,558.16	10,539.59

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Estadísticos del escenario hipotético

Variable -----Estadístico	Media	Mínimo	Máximo	Valor esperado
Superficie cosechada en hectáreas	2.60	1.00	3.50	2.25
Costo total de la semilla	3,080.67	1,085.28	5,997.60	3,541.44
Cantidad de semilla empleada en Kg	29.40	9.00	50.00	29.50
Número de riegos tradicionales	10.60	3.00	21.00	12.00
Aplicaciones de herbicidas	1.20	1.00	2.00	1.50
Aplicaciones de insecticidas	4.60	3.00	6.00	4.50
Número de jornales	132.75	100.25	174.50	137.38
Costo total en reguladores	103.26	48.00	149.40	98.70
Costo total en plaguicidas de animales y hongos	425.08	154.06	629.24	391.65
Costo total en herbicidas	164.24	72.50	277.00	174.75
Costo total en fertilizantes	5,303.92	2,294.25	7,192.87	4,743.56
Quintales cosechados	293.56	140.30	468.79	304.55
Precio del quintal cosechado	155.05	145.00	167.13	156.07
Ingreso por lote	660.00	-	1,800.00	900.00
Rendimiento	116.40	84.53	140.30	112.42
Costo de preparación de terreno	1,357.00	560.00	2,160.00	1,360.00
Costo de siembra	539.80	375.00	810.00	592.50
Costo del medio	4,121.70	2,985.00	5,105.00	4,045.00
Costo de la cosecha	10,134.17	7,072.08	17,804.13	12,438.11
Guardianía	1,122.00	560.00	1,920.00	1,240.00
Alquiler	6,043.33	1,666.67	8,750.00	5,208.33
Recibo de agua	375.58	225.00	507.00	366.00
Costo total	32,770.76	20,739.48	49,103.67	34,921.57
Utilidades	13,178.29	2,710.18	23,976.05	13,343.12

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Salida de Eviews para estimar la cantidad producida del año 2017

Dependent Variable: CANTIDAD

Method: Least Squares

Date: 09/26/16 Time: 17:11

Sample (adjusted): 1992 2014

Included observations: 23 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CANTIDAD(-1)	0.911901	0.059126	15.42308	0
R-squared	0.647631	Mean dependent var		21318.7
Adjusted squared	R- 0.647631	S.D. dependent var		12257.78
S.E. of regression	7276.3	Akaike info criterion		20.66514
Sum squared resid	1.16E+09	Schwarz criterion		20.71451
Log likelihood	-236.6491	Hannan-Quinn criter.		20.67755
Durbin-Watson stat	1.793922			

Fuente: Salida del Eviews 7

Anexo 5. Número de días desde la primera actividad hasta la quema de broza:

	Aliaga	Huamán	Francia	Taype	Torres	Media	Mínimo	Máximo	Valor esperado
Días	-	308	237	194	279	254.50	194.00	308.00	251

Fuente: Elaboración propia

**El dato ofrecido por Aliaga procedía de diferentes campañas.*