

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN**



**“RENTABILIDAD EX-ANTE DE LA LIBERACIÓN DE MAÍZ  
AMARILLO DURO (*Zea mays*) GENÉTICAMENTE  
MODIFICADO EN LA COSTA NORTE DEL PERÚ”**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE  
ECONOMISTA**

**CAROLAY ZULLY VASQUEZ QUISPE**

**LIMA - PERÚ**

**2022**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24 - Reglamento de Propiedad Intelectual)**

## Document Information

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>Analyzed document</b> | Tesis Carolay Vasquez 2022.pdf.docx (D139236843) |
| <b>Submitted</b>         | 2022-06-03T19:34:00.0000000                      |
| <b>Submitted by</b>      | Ramón Alberto Diez Matallana                     |
| <b>Submitter email</b>   | rdiez@lamolina.edu.pe                            |
| <b>Similarity</b>        | 10%  |
| <b>Analysis address</b>  | rdiez.unalm@analysis.orkund.com                  |

## Sources included in the report

|           |  |   |
|-----------|--|---|
| <b>SA</b> | <b>Universidad Nacional Agraria La Molina / CARDENAS_Final.docx</b><br>Document CARDENAS_Final.docx (D131184755)<br>Submitted by: jmsanchez@lamolina.edu.pe<br>Receiver: jmsanchez.unalm@analysis.orkund.com   |  4   |
| <b>W</b>  | URL: <a href="https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4640/maza-y-silupu-santos-de-los-reyes.pdf?sequence=1">https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4640/maza-y-silupu-santos-de-los-reyes.pdf?sequence=1</a><br>Fetched: 2022-01-17T16:58:06.5770000 |  38  |
| <b>W</b>  | URL: <a href="http://www.eumed.net/rev/turydes/22/bienestar-hogares-turismo.html">http://www.eumed.net/rev/turydes/22/bienestar-hogares-turismo.html</a><br>Fetched: 2022-06-03T21:23:00.0000000   |  2 |
| <b>W</b>  | URL: <a href="http://www.fao.org/3/v8490s/v8490s06.htm">http://www.fao.org/3/v8490s/v8490s06.htm</a><br>Fetched: 2022-06-03T21:24:00.0000000   |  1 |
| <b>W</b>  | URL: <a href="https://www.redalyc.org/pdf/3190/319027888016.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/3190/319027888016.pdf</a><br>Fetched: 2022-06-03T21:18:00.0000000   |  2 |
| <b>W</b>  | URL: <a href="https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_008-2012-minam.pdf">https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_008-2012-minam.pdf</a><br>Fetched: 2022-06-03T21:19:00.0000000   |  3 |
| <b>SA</b> | <b>Universidad Nacional Agraria La Molina / Vilca_Final.docx</b><br>Document Vilca_Final.docx (D131184747)<br>Submitted by: jmsanchez@lamolina.edu.pe<br>Receiver: jmsanchez.unalm@analysis.orkund.com   |  2 |
| <b>W</b>  | URL: <a href="http://www.fao.org/3/as549e/as549e.pdf">http://www.fao.org/3/as549e/as549e.pdf</a><br>Fetched: 2022-06-03T21:23:00.0000000   |  2 |
| <b>SA</b> | <b>Universidad Nacional Agraria La Molina / 03-202 -Maza- ECONOMIA-reviewer.pdf</b><br>Document 03-202 -Maza- ECONOMIA-reviewer.pdf (D125303039)<br>Submitted by: marilynbuendia@lamolina.edu.pe<br>Receiver: marilynbuendia.unalm@analysis.orkund.com   |  2 |
| <b>W</b>  | URL: <a href="http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/">http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/</a><br>Fetched: 2022-06-03T21:19:00.0000000   |  1 |
| <b>W</b>  | URL: <a href="https://gestion.pe/economia/comercio-entre-peru-y-estados-unidos-se-debilta-advierte-comex-noticia/">https://gestion.pe/economia/comercio-entre-peru-y-estados-unidos-se-debilta-advierte-comex-noticia/</a>   |  1 |

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN**

**“RENTABILIDAD EX-ANTE DE LA LIBERACIÓN DE MAÍZ  
AMARILLO DURO (Zea mays) GENÉTICAMENTE MODIFICADO  
EN LA COSTA NORTE DEL PERÚ”**

**PRESENTADO POR:**

**CAROLAY ZULLY VASQUEZ QUISPE**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE ECONOMISTA**

**SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL SIGUIENTE JURADO**

---

Mg. Sc. Miguel Ángel Alcántara Santillán

**Presidente**

---

Mg. Sc. Ramón Alberto Diez Matallana

**Asesor**

---

Mg. Sc. Luis Alberto Guillen Vidal

**Miembro**

---

Mg. Sc. Carlos Alberto Minaya Gutiérrez

**Miembro**

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a Dios, por haberme dado la vida y la fortaleza día a día para seguir adelante. A mi familia: a mis padres quienes supieron guiarme por esta vida, a mis abuelos por su apoyo incondicional, y a mis hermanos por hacer de mis días más amenos con sus ocurrencias. Gracias a todos por creer en mis sueños.*

*Al Vicerrectorado de Investigación de la UNALM, y la Oficina de Investigación de la Facultad de Economía y Planificación, por el apoyo y financiamiento para la realización del proyecto.*

*A mi asesor, Ramón Díez, por sus valiosos conocimientos y dedicación en el desarrollo de la tesis; así como los miembros del jurado, Miguel Alcántara, Luis Guillén y Carlos Minaya, sus aportes y sugerencias enriquecieron esta investigación.*

*Finalmente, dar gracias a todas las maravillosas personas que conocí y con quienes compartí esta experiencia, por su apoyo y gran aprecio a lo largo de los años.*

## ÍNDICE GENERAL

|       |  |    |
|-------|--|----|
| I.    | INTRODUCCIÓN .....                       | 1  |
| 1.1   | OBJETIVOS .....                          | 2  |
| a.    | Objetivo general .....                   | 2  |
| b.    | Objetivos específicos.....               | 2  |
| 1.2.  | JUSTIFICACIÓN .....                      | 3  |
| II.   | REVISIÓN DE LITERATURA.....              | 4  |
| 2.1.  | MARCO TEÓRICO .....                      | 4  |
| 2.2.  | MARCO CONCEPTUAL .....                   | 11 |
| 2.3.  | ANTECEDENTES .....                       | 12 |
| 2.4.  | MARCO LEGAL DE OVM.....                  | 28 |
| III.  | METODOLOGÍA.....                         | 29 |
| 3.1.  | ÁMBITO DE ESTUDIO.....                   | 29 |
| 3.2.  | INSTRUMENTOS DE COLECTA DE DATOS.....    | 30 |
| 3.3.  | TIPO DE INVESTIGACIÓN.....               | 30 |
| 3.4.  | POBLACIÓN Y MUESTRA .....                | 30 |
| 3.5.  | HIPÓTESIS .....                          | 31 |
| 3.6.  | PROCEDIMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS ..... | 31 |
| IV.   | RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....              | 40 |
| 4.1.  | RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN .....        | 40 |
| 4.2.  | DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....            | 52 |
| V.    | CONCLUSIONES .....                       | 54 |
| VI.   | RECOMENDACIONES.....                     | 55 |
| VII.  | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....          | 56 |
| VIII. | ANEXOS .....                             | 65 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1: Producción mundial de MAD por países (Miles de toneladas) .....  | 12 |
| Tabla 2: Consumo de MAD por países y por campañas (Miles de toneladas).....   | 13 |
| Tabla 3: Importaciones peruanas de MAD (1950 – 2018).....   | 15 |
| Tabla 4: Indicadores departamentales del cultivo de MAD al año 2018.....  | 17 |
| Tabla 5: Rendimientos del cultivo de MAD en la costa norte (t/ha) .....   | 20 |
| Tabla 6: Costos de producción por hectárea de MAD en la costa norte del Perú.....   | 21 |
| Tabla 7: Estadísticos de costos de producción del MAD en el Perú .....  | 22 |
| Tabla 8: Número de productores y superficie instalada de MAD .....  | 30 |
| Tabla 9: Elementos del modelo de presupuesto parcial .....  | 34 |
| Tabla 10: Variación de variables fundamentales del cultivo de MAD Bt.....   | 40 |
| Tabla 11: Presupuesto parcial por hectárea de MAD convencional y Bt.....  | 41 |
| Tabla 12: Índice de beneficio–costo marginal.....   | 43 |
| Tabla 13: Elasticidades y cambios en el rendimiento por uso de nueva tecnología.....                                      | 46 |
| Tabla 14: Cambio equivalente del rendimiento y costos por uso de nueva tecnología..                                       | 46 |
| Tabla 15: Cambio de costos de insumos, probabilidad de éxito, tasa de adopción,<br>depreciación y $K_{m\acute{a}x}$ ..... | 46 |
| Tabla 16: Z, precio por tonelada y producción por uso de nueva tecnología.....  | 47 |
| Tabla 17: Cambios en los excedentes de los agentes económicos .....   | 47 |
| Tabla 18: Inversión en investigación, transferencia y beneficios netos .....  | 48 |
| Tabla 19: Resultados del modelo de cambio de excedentes con semillas de MAD Bt..  | 48 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Excedente del consumidor.....  | 6  |
| Figura 2: Excedente del productor .....  | 7  |
| Figura 3: Excedentes del consumidor y productor.....                                 | 8  |
| Figura 4: Precios internacionales de MAD según mercado (2018 – 2021).....            | 14 |
| Figura 5: Producción nacional e importaciones de MAD (Miles de toneladas).....       | 16 |
| Figura 6: Importaciones de MAD por principales países (Miles de toneladas).....      | 16 |
| Figura 7: Producción y rendimiento de MAD en el Perú (Var. %).....                   | 17 |
| Figura 8: Distribución mensual de las cosechas de MAD por regiones.....              | 19 |
| Figura 9: Superficie cosechada y producción de MAD en la costa norte del Perú .....  | 20 |
| Figura 10: Modelo de excedentes económicos.....                                      | 36 |
| Figura 11: Incremento del margen bruto de utilidad en soles del cultivo de MAD ..... | 42 |
| Figura 12: Índice de beneficio-costo marginal .....                                  | 43 |
| Figura 13: Valor Actual Neto de MAD Bt (TSD 8%).....                                 | 49 |
| Figura 14: Valor Actual Neto de MAD Bt (TSD 20%).....                                | 49 |
| Figura 15: Tasa Interna de Retorno de MAD Bt. ....                                   | 50 |
| Figura 16: Variación del Excedente de consumidor de MAD Bt.....                      | 50 |
| Figura 17: Variación del Excedente de productor de MAD Bt.....                       | 51 |
| Figura 18: Variación del Excedente social de MAD Bt.....                             | 51 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| Anexo 1: Costos de producción del cultivo de MAD por hectárea en Piura.....        | 65 |
| Anexo 2: Costos de producción del cultivo de MAD por hectárea en Lambayeque.....   | 66 |
| Anexo 3: Costos de producción del cultivo de MAD por hectárea en La Libertad ..... | 67 |
| Anexo 4: Informe @Risk Salida: Incremento de margen bruto de utilidad .....        | 68 |
| Anexo 5: Informe @Risk Salida: Índice beneficio-costo marginal.....                | 69 |
| Anexo 6: Informe @Risk Salida: Valor Actual Neto (8%).....                         | 70 |
| Anexo 7: Informe @Risk Salida: Valor Actual Neto (20%).....                        | 71 |
| Anexo 8: Informe @Risk Salida: Tasa Interna de Retorno .....                       | 72 |
| Anexo 9: Informe @Risk Salida: Variación del Excedente del consumidor .....        | 73 |
| Anexo 10: Informe @Risk Salida: Variación del Excedente del productor.....         | 74 |
| Anexo 11: Informe @Risk Salida: Variación del Excedente social.....                | 75 |
| Anexo 12: Informe @Risk: Reporte de estadísticos de resumen .....                  | 76 |

## RESUMEN

La producción de maíz amarillo duro, importante en el Perú y en la costa norte peruana, se ha reducido en las regiones norteñas, principalmente por el clima y plagas que afectan al cultivo y la rentabilidad de los productores. Recientes innovaciones tecnológicas, como las semillas de maíz amarillo duro (MAD) genéticamente modificadas resistentes al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) con material genético de *Bacillus thuringiensis*, el MAD *Bt*, podrían mejorar el rendimiento por hectárea de este cultivo en la zona de estudio. Así, la investigación tiene como objetivo general evaluar *ex – ante* los impactos económicos, a corto y largo plazo, de liberar semillas de MAD*Bt* en la costa norte peruana, para apoyar la toma de decisiones respecto a su liberación en el Perú, aunque ahora hay moratoria para esta tecnología. Para la evaluación de corto plazo, se utilizó el modelo de presupuesto parcial y el índice de beneficio-costo marginal; mientras que, a largo plazo, se empleó el modelo de cambios de excedentes económicos, para estimar los incrementos en bienestar de la comunidad. Se encontró que las semillas de maíz *Bt* generarían impactos económicos positivos: incrementos en el margen de utilidad a corto plazo de 91.59% por hectárea, y un índice de beneficio-costo de 1.07; con una probabilidad de 93.8% de escenarios exitosos por la nueva tecnología en maíz amarillo duro. A largo plazo los excedentes de los consumidores se incrementarían en S/ 115 millones, el de los productores en S/ 225 millones; y a nivel gubernamental, el proyecto presentaría un VAN esperado mayor a S/ 355 millones, lo que pone de manifiesto la rentabilidad a largo plazo de la inversión. Se recomienda realizar investigaciones semejantes para otros cultivos.

**Palabras clave:** Beneficio costo marginal; cambio de excedentes; evaluación *ex – ante*; maíz amarillo duro *Bt*; presupuesto parcial; *Spodoptera frugiperda*.

## ABSTRACT

The production of hard yellow corn, important in Peru and on the Peruvian north coast, has been reduced in the northern regions, mainly due to the climate and pests that affect the crop and the profitability of the producers. Recent technological innovations, such as genetically modified hard yellow maize (MAD) seeds resistant to the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) with genetic material from *Bacillus thuringiensis*, the MAD *Bt*, could improve the yield per hectare of this crop in the study area. Thus, the research has the general objective of evaluating ex-ante the economic impacts, in the short and long term, of releasing MAD*Bt* seeds on the Peruvian north coast, to support decision-making regarding their release in Peru, although there is now moratorium for this technology. For the short-term evaluation, the partial budget model and the marginal benefit-cost index were used; while, in the long term, the economic surplus changes model was used to estimate the increases in community well-being. *Bt* corn seeds were found to generate positive economic impacts: short-term profit margin increases of 91.59% per hectare, and a cost-benefit ratio of 1.07; with a probability of 93.8% of successful scenarios due to the new technology in hard yellow corn. In the long term, consumer surplus would increase by S/ 115 million, producer surplus by S/ 225 million; and at the government level, the project would present an expected NPV greater than S/ 355 million, which shows the long-term profitability of the investment. Similar research is recommended for other crops.

**Keywords:** Marginal cost benefit; surplus exchange; ex-ante evaluation; hard yellow corn *Bt*; partial budget; *Spodoptera frugiperda*.

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz amarillo duro (*Zea mays durum*) es el cuarto grano más producido, utilizado y distribuido a nivel mundial, alcanzando 1100 millones de toneladas producidas en el 2019 (Sandhu e Irmak, 2020), además de gran importancia económica para las industrias de alimentos para animales a nivel mundial (Mohanty y Swain, 2019; García-Lara y Serna-Saldivar, 2019), y considerado como el producto “insignia” entre los cultivos genéticamente modificados (Ardisana, 2019). En el caso peruano, el maíz amarillo duro (MAD) es el principal insumo para la elaboración de alimento balanceado en la industria avícola, además de ser considerado una fuente permanente de empleo (Chura y Tejada, 2014).

Sin embargo; debido a la baja productividad y la escasa producción interna de este producto respecto a la demanda del grano, las empresas productoras de aves y cerdos optan por la importación de mayores volúmenes de MAD ante la demanda cada vez mayor por el insumo (Posada, 2018). En Perú, el rendimiento promedio del cultivo es de 4.93 t/ha (MINAGRI, 2018), mientras que el mundo tiene un rendimiento promedio de 5.92 t/ha (FAO, 2019). Es decir, Perú presenta una brecha en el rendimiento productivo de MAD, por debajo del promedio mundial y muy lejos del líder productor de maíz amarillo, Estados Unidos, el cual aporta más de 34% a la oferta mundial y presenta 11.86 t/ha como rendimiento promedio (FAO, 2019).

La costa provee 63.5% del total producido en Perú y tiene los mayores rendimientos a nivel nacional, explicable porque más productores usan semillas certificadas y emplean los insumos adecuados (MINAGRI, 2019); no obstante, la productividad no es óptima debido a factores que limitan la productividad del cultivo como el uso inadecuado de semillas híbridas, de segunda o tercera generación, además de la presencia de plagas y enfermedades, sumados a la escasa tecnificación del cultivo (INIA, 2017; Tarazona, 2016; Mogollón, 2015).

Una de las plagas de grave impacto en el cultivo es la *Spodoptera frugiperda* o gusano cogollero, de gran importancia económica en países tropicales y subtropicales que generan daños severos a las plantas de maíz, y pérdidas significativas en la producción del cultivo (Mogollón, 2015; Zenner de Polanía, *et al.*, 2007).

Para combatir esta plaga, los agricultores optan por el uso de agroquímicos, fuente de contaminación y generan resistencia en los insectos plaga e incrementa significativamente los costos de producción de la población dedicada al cultivo (Ramírez *et al.*, 2018). Cabe señalar, la vigencia de la “Ley de moratoria”, Ley 29811 (9 de diciembre del 2011), que impide la importación y producción de organismos vivos modificados en el territorio nacional hasta el 2021, y la extensión de la moratoria hasta el año 2035 mediante la Ley N° 31111, por lo cual no se contó con datos para realizar una evaluación tradicional de los impactos económicos y sociales de estas semillas.

Así, el estudio realizado fue de carácter prospectivo, usando información secundaria de terceros países con condiciones ecológicas semejantes y se evaluaron los impactos económicos del empleo de semillas de maíz amarillo duro resistentes a lepidópteros por incorporación de material genético de *Bacillus thuringiensis* (MAD *Bt*). Esta problemática condujo a los objetivos de investigación.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **a. Objetivo general**

Evaluar, ex – ante, los posibles impactos socioeconómicos derivados de la liberación de semillas modificadas genéticamente de maíz amarillo duro con material genético de *Bacillus thuringiensis* (MAD *Bt*) en la costa norte del Perú, con la finalidad de apoyar a la toma de decisiones sobre la liberación de la biotecnología en la agricultura.

### **b. Objetivos específicos**

- OE1.** Determinar la rentabilidad ex – ante para el productor por el uso de semillas de MAD *Bt* a corto plazo, mediante el modelo de presupuesto parcial e índice de beneficio-costos marginal.
- OE2.** Estimar los incrementos en el bienestar de la sociedad a largo plazo, mediante la metodología de cambios de excedentes económicos.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La investigación continúa los trabajos realizados sobre cultivos genéticamente modificados en el programa académico de Economía de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Abad, 2015; Mogollón, 2015; Tarazona, 2016, entre otros) en la línea de investigación de Economía de la Innovación Agraria, Seguridad Alimentaria y Desarrollo Sustentable.

Los rendimientos del cultivo de maíz amarillo duro (MAD) en la costa norte del Perú, regiones de Piura, Lambayeque y La Libertad, se han estancado desde el año 2012 en 6,3 t/ha (MINAGRI, 2019). Se evidencia una caída en la producción en estas regiones, explicable por el estancamiento de rendimientos y el abandono del cultivo: Piura -9.4% anual, Lambayeque -3.3% anual y La Libertad -18.2% anual (MINAGRI, 2019). Este descenso de dinamismo en la costa norte se atribuye al clima desfavorable y las plagas que afectan los cultivos, cuyas principales consecuencias se ven reflejadas en los ingresos de los productores, así como en la rentabilidad económica del cultivo (Mogollón, 2015).

Este pobre desempeño, justifica la investigación de los impactos de la liberación de semillas mejoradas con biotecnología, específicamente de semillas resistentes a *Spodoptera frugiperda* por adición de ADN de *Bacillus thuringiensis* pues éstas contribuirían a una mayor productividad al generar resistencia al ataque de plagas y enfermedades en el cultivo, reduciendo los costos productivos asociados al uso de insecticidas específicos; y, por tanto, reducir el impacto en la fisiología de las plantas de los agroquímicos.

En general, de acuerdo a Brookes y Barfoot (2017), el impacto económico de adoptar la biotecnología en la agricultura se expresa en: (i) variación del rendimiento de cultivos; (ii) alteración de costos clave de producción (semillas y protección del cultivo); (iii) impacto en otros costos (mano de obra); (iv) efecto en la rentabilidad del cultivo; y, (v) efectos en la producción.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1.1. Economía del bienestar**

La economía del bienestar es una rama normativa de la economía; es decir, se enfoca en lo considerado bueno y malo para una sociedad, más que por describir y explicar los fenómenos económicos, distinguiéndose de las ramas positivas de la economía, tales como: la economía laboral, historia económica, desarrollo y comercio internacional, entre otros (Feldman y Serrano, 2006).

Por tanto, la economía del bienestar implica la evaluación de políticas económicas, que orientarán las políticas públicas para el bien mayor de la sociedad, y así formular proposiciones que permitan afirmar si el bienestar social en una situación económica es mayor o menor que en otro, asignando eficientemente los recursos o bienes para todos los sectores de la sociedad (Ng, 2004). Asimismo, según Perez y Camberos (2017) el bienestar de los miembros de una comunidad está ampliamente relacionado al consumo. Así, si una mejora tecnológica incrementa la producción de bienes y reduce el precio de estos, generará un mayor bienestar para los ciudadanos.

#### **Postulados de la economía del bienestar**

De acuerdo con Harberger (1971), se plantean tres postulados de la economía del bienestar:

- El valor demandado de una unidad de un bien o servicio para el consumidor se obtiene a partir de su curva de demanda. Donde el excedente del consumidor será el área entre el precio de equilibrio en competencia perfecta y la curva de demanda del bien o servicio.
- El valor ofertado de una unidad de un bien o servicio para el productor se obtiene a partir de su curva de oferta. Donde el excedente del productor será el área entre el precio de equilibrio en competencia perfecta y la curva de oferta del bien o servicio.
- Al evaluar los beneficios o costos netos de una acción económica, los costos y beneficios acumulados para cada miembro del grupo relevante deberán agregarse sin tener en cuenta al individuo a quién corresponda.

### 2.1.2. Excedente del consumidor, productor y social

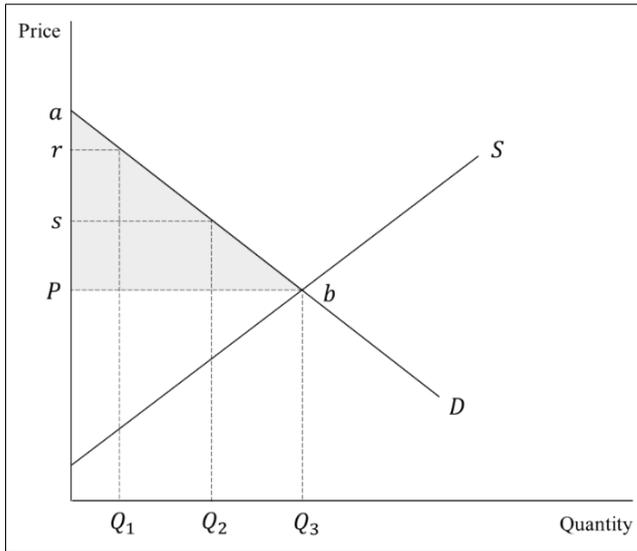
De acuerdo a Colman y Young (1989), los cambios en los excedentes del consumidor y productor son medidas de valor monetario, ampliamente utilizados para la representación de beneficios o costos de bienestar que surgen a partir de cambios en la política agrícola. A pesar de haberse discutido considerablemente sobre la justificación teórica para emplearlos, la opinión predominante es que la mayoría de situaciones son aproximaciones aceptables de los valores de bienestar subyacentes que la teoría podría defender (Colman y Young, 1989).

#### a. Excedente del consumidor

Para Marshall (1920), el excedente del consumidor es el “exceso del precio que el consumidor estaría dispuesto a pagar, en lugar de prescindir de un bien o servicio, sobre lo que realmente paga”. Citando a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 1993), el excedente de los consumidores es una medida del bienestar del consumidor y es definido como el exceso de la valoración social del producto sobre el precio realmente pagado.

Desde el punto de vista del consumidor, el consumo de una unidad adicional de un bien o servicio generará cierto grado de beneficio, expresado en la disposición a pagar ( $DAP$ ) por éste. Por tanto, el consumo o adquisición de un bien o servicio por un precio inferior al máximo que estaría dispuesto a pagar ( $DAP$ ) genera un nivel de beneficio (utilidad) definido como el excedente del consumidor (Varian, 2010)

Para visualizar el concepto de excedente de un consumidor se tomará como referencia a Colman y Young (1989), donde consideran el área sombreada  $abP$ , bajo la curva de demanda y por encima de la línea de precios  $P$  en la Figura 1. La unidad de consumo en  $Q_1$  se compraría al precio de equilibrio en un mercado competitivo  $P$ , pero la curva de demanda indica que el consumidor habría estado dispuesto a pagar  $rP$  más de lo necesario para obtener el bien o servicio, y se consideraría que ha ganado un excedente en dicha cantidad. De manera similar, en el punto  $Q_2$ , el excedente del consumidor por unidad de producto es  $sP$ . Y la suma de dichos excedentes para cada unidad adquirida produce un excedente total del consumidor para las  $Q_3$  unidades compradas, equivalente al valor monetario del área sombreada  $abP$  (Colman y Young, 1989).



**Figura 1: Excedente del consumidor**

Fuente: Colman y Young (1989)

### **b. Excedente del productor**

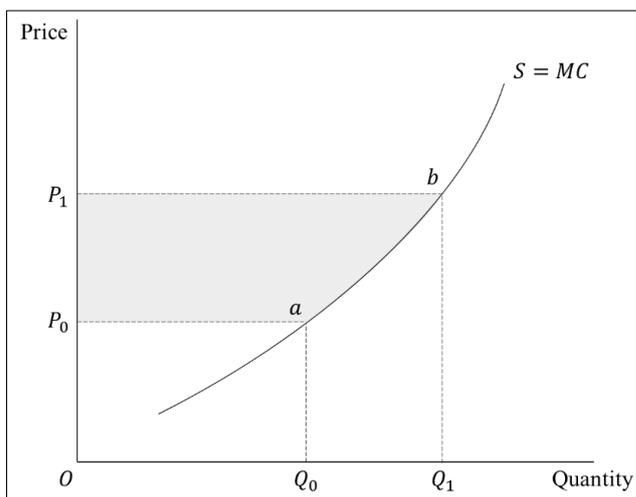
Así como el concepto definido para los consumidores, se define las ganancias obtenidas para los productores. Sin embargo; se generaron dudas mucho más problemáticas comparadas a surgidas con el excedente del consumidor, en especial sobre la forma y la interpretación de las ganancias para los productores (Colman y Young, 1989).

Desde el punto de vista del productor, el costo a partir de producir una unidad adicional de un bien o servicio es conocido como el costo marginal del mismo (*CMg*), donde dicho costo será el precio mínimo necesario para que los productores decidan ofertar el bien o servicio. Por tanto, cuando el productor oferta a un precio recibido mayor al del costo marginal del mismo, obtendrá un excedente del productor (Varian, 2010).

El enfoque simple se puede examinar de manera gráfica, de acuerdo a la Figura 2, donde el efecto de un incremento del precio de  $P_0$  a  $P_1$ , en una empresa competitiva con una curva de oferta, equivalente a su curva de costo marginal a corto plazo. El incremento del precio incurre en que la producción de equilibrio aumente de  $Q_0$  a  $Q_1$ ; y el ingreso total adicional generado es igual a  $P_1Q_1 - P_0Q_0$ , es decir, la diferencia del área de los rectángulos  $OP_1bQ_1 - OP_0aQ_0$ .

Sin embargo; citando a Colman y Young (1989), dado que el área bajo la curva de oferta representa los costos variables de producción,  $Q_0abQ_1$  de los ingresos adicionales tienen que cubrir los costos directos de incrementar la producción, lo que deja a  $P_0abP_1$  como el excedente del productor.

Además, tal como se discutió en el caso del excedente del consumidor, se supone la posibilidad de poder sumar los excedentes individuales de los productores, y el cambio en el excedente del productor será medido por el área por encima de la curva de oferta y entre las líneas de precios (Colman y Young, 1989).

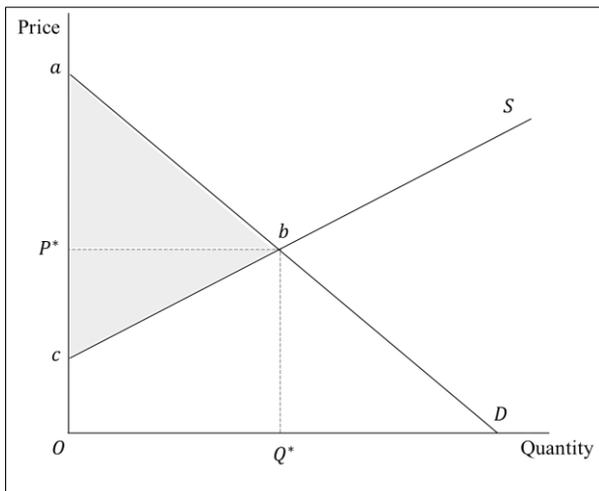


**Figura 2: Excedente del productor**

Fuente: Colman y Young (1989)

### c. Excedente social

Tanto el excedente del consumidor como el del productor proporcionarán una medida de utilidad social conocido como el excedente de la sociedad, dada la existencia de un mercado donde ocurren procesos de intercambios, creando así utilidades de bienestar (Landsburg, 2001). De manera gráfica, se obtendrá a partir de la suma de excedentes de los agentes económicos, es decir, el excedente del productor y del consumidor (Figura 3). Cabe resaltar que el excedente social se utiliza como en la medición del bienestar económico de la sociedad.



**Figura 3: Excedentes del consumidor y productor**

Fuente: Colman y Young (1989)

### 2.1.3. Costos de producción agrícola

De acuerdo a Zugarramurdi y Lupín (1998), los costos de producción son los costos necesarios para sostener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento. Los costos de producción agropecuarios están compuestos por la suma de gastos relacionados al uso de activos fijos, materiales y materias primas, fuerza de trabajo, energía y combustible en el proceso productivo; además de gastos financieros y administrativos. Estos costos expresan la cantidad necesaria de recursos ya sean, materiales, monetarios y laborales, con el fin de obtener un determinado volumen productivo haciendo uso de una cierta herramienta tecnológica (Estévez, 2015).

En investigaciones recientes, las tecnologías de recombinación genética muestran como principal beneficio potencial la reducción de costos de producción, además del incremento de rendimiento de los cultivos. Poniendo como ejemplos de mejora económica para los agricultores con uso de organismos genéticamente modificados aspectos como la mejora del manejo de plagas, incrementos en rentabilidad, reducción de riesgo en producción agrícola (Chaparro, 2011). Por tanto, para los agricultores, los costos de producción son considerados como una herramienta crucial y detallada para la toma de decisiones de los cultivos.

En este sentido, se relaciona al impacto de las decisiones en cuanto a la mejora de la eficiencia y la rentabilidad de su producción mediante un análisis de costos y beneficios, teniendo en cuenta aspectos como: insumos, maquinaria, capital y tecnología utilizada (FAO, 2016).

#### **2.1.4. Evaluación de impacto socioeconómico**

Según Tshuma y Monde (2012), la evaluación de impacto socioeconómico es considerada una herramienta de apoyo para comprender los posibles impactos de un cambio propuesto y las posibles respuestas de la población involucrada en caso se produzca el cambio, para una eficiente toma de decisiones. Además, la evaluación será de utilidad para el diseño y ejecución de estrategias de mitigación de impactos para maximizar los impactos positivos y minimizar los impactos negativos ante el cambio propuesto. Según Garforth (2004), en cuanto a la biotecnología aplicada a cultivos, una evaluación de impactos socioeconómicos presenta un variado espectro de preocupaciones en torno a la tecnología transgénica, entre estas: impacto en los ingresos y bienestar de los agricultores, prácticas y conocimientos culturales, bienestar de la comunidad, ciencia y desarrollo tecnológico nacional, empleo rural, competitividad y comercio, seguridad alimentaria, beneficios para consumidores, y aspectos éticos y de equidad.

Los aspectos socioeconómicos se deben considerar en al menos cuatro fases en la toma de decisiones sobre seguridad en biotecnología agrícola: 1) en el desarrollo de un régimen reglamentario nacional de seguridad de biotecnología, 2) en la evaluación de riesgos para la implementación de un organismo genéticamente modificado específico, 3) después de la evaluación de riesgos (donde se identificará si los riesgos identificados son aceptables); y 4) en la apelación, revisión o renovación de un permiso (Garforth, 2004).

En esta investigación se tendrá como áreas temáticas: (i) los efectos en ingresos: variaciones en los costos de producción y rendimientos del cultivo; (ii) beneficios para la sociedad: impacto en el bienestar de los consumidores y productores de la zona); y, (iii) el uso eficiente de los insumos agrícolas: en particular, los insecticidas específicos usados en el cultivo. Con el fin de abordar los impactos sociales que podrían obtenerse a partir de la liberación de MAD genéticamente modificado en la costa norte peruana.

#### **2.1.5. Rentabilidad en la producción agrícola**

Según Zamora (2008), rentabilidad es la relación existente entre la utilidad y la inversión necesaria para lograr el éxito de un sector, subsector, negocio o proyecto. Un estudio de rentabilidad de una inversión tiene como objetivo determinar y comparar las inversiones, costos y beneficios de la implementación de un proyecto, así como dar a conocer la conveniencia de emprender el proyecto.

También es considerada como la noción aplicada en toda acción económica, en la cual, con la finalidad de obtener los resultados esperados, se movilizan medios materiales, humanos y financieros.

Bonabana *et al.* (2013), afirman la importancia de identificar los beneficios obtenidos por el agricultor. Se considera rentable cuando el uso de insumos rinde más al productor que la inversión inicial, genera mayores ganancias, dando como resultado el incremento de ingresos y la mejora sostenible de la calidad de vida del agricultor. Por un lado, cuando la actividad agrícola no es rentable, no podrá sobrevivir en la producción orientada al mercado, dada la limitación de recursos y el número de competidores existentes. Por otro lado, cuando la actividad es altamente rentable, recompensa a los productores con rendimientos de sus inversiones iniciales, que actúan como incentivos para estimular una mayor producción. Es en este último caso, cuando se genera el potencial para incrementar el bienestar de los agricultores a largo plazo (Bonabana *et al.*, 2013). Por tanto, se tiene en cuenta que las evaluaciones de rentabilidad económica en la actividad agrícola tienen como fin proporcionar una visión más completa de los ingresos y costos obtenidos por la producción agrícola (Himma *et al.*, 2010) y la finalidad está orientada al incremento del bienestar de los productores. Cabe señalar que la rentabilidad en la producción agrícola no está condicionada por el medio o zona donde se realiza, sino por las inversiones en el cultivo: maquinaria, fertilizantes, insecticidas, mano de obra, etc.

#### **2.1.6. Análisis cuantitativo de riesgos en la actividad agrícola**

De acuerdo a Leddy (2014), el proceso de análisis cuantitativo de riesgo dará un valor estimado del impacto global de los posibles riesgos existentes identificados para un proyecto de inversión, mediante diversas técnicas cuantitativas para facilitar el análisis. De manera general, la técnica ampliamente aceptada sobre el análisis de incertidumbre de un proyecto es la simulación de Montecarlo, el cual provee indicadores económicos como el VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno).

En este contexto, la actividad agrícola está usualmente caracterizada por una alta variabilidad en los volúmenes producidos puesto que, en su mayoría, el productor agrícola no tiene la capacidad de predecir con total certeza el resultado de sus cultivos debido a condicionantes externos: factores climatológicos, biológicos, enfermedades, etc. Por ende, la toma de decisiones en la actividad agrícola estará asociada al efecto negativo de factores adversos, y al manejo de las posibles amenazas (Miguez, 2014).

Entre las principales fuentes de variabilidad en los resultados de un proyecto agrícola, se encuentran: sequías, inundaciones, heladas, etc. Además, resalta que el agricultor o productor se encuentra consciente de que el medio económico del que es partícipe no es perfectamente estable. Los precios de los productos varían de un año a otro, de igual manera, los costos de producción, entre ellos: precios de insumos, mano de obra disponible, etc (CIMMYT, 1988).

Es por ello que, según el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile (INIA, 2009), las evaluaciones *ex – ante* que consideran aspectos como riesgo o incertidumbre son cruciales para la optimización de recursos y generar desarrollo en el sector. De acuerdo a Moñux *et al.* (2005), la relevancia de una evaluación *ex – ante* está dada en su utilidad como guía para la asignación de recursos a un proyecto específico; y se derivarán medidas de rentabilidad a partir de información previa a la investigación: opiniones de expertos, aunadas a revisiones bibliográficas. Asimismo, el objetivo de las evaluaciones *ex – ante* es que el tomador de decisiones cuente con un mecanismo complementario que permita la priorización de las alternativas tecnológicas de acuerdo a su impacto social (Castro, 1991).

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

Se usa el Glosario de Biotecnología Agrícola (*Agricultural Biotechnology Glossary*) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

**Biotecnología agrícola.** Incorporación de organismos vivos o partes de organismos para modificar productos; mejorar plantas o animales; o desarrollar microorganismos para usos agrícolas específicos.

**Cultivos *Bt*.** Cultivos en los que se incorpora material genético de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), que produce proteínas tóxicas para plagas específicas, sin ser dañino para el ser humano y otros mamíferos, proporcionando protección al cultivo.

**Organismo transgénico.** Organismo generado a partir de la inserción de material genético de otro organismo mediante técnicas de ADN recombinante.

## 2.3. ANTECEDENTES

### 2.3.1. Mercado internacional de maíz amarillo duro (MAD)

#### a) Producción mundial de maíz amarillo duro

A inicios del año 2020, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos – USDA estimó la disminución del 1% de la producción a nivel mundial del cultivo de MAD respecto a la campaña del 2019/20, a consecuencia de la reducción en la producción de los principales países productores del cultivo: Estados Unidos, China, Argentina y Ucrania (USDA, 2020).

De acuerdo al informe de USDA (2020), durante la campaña de siembra 2019/20 se preveía que Estados Unidos, país líder en producción de MAD a nivel mundial, presentaría ligeras disminuciones en la producción del cultivo de maíz, reduciendo la producción de 1,122 millones de toneladas (campaña 2018/19) a un esperado de 1,110 millones. Las principales razones de esta estimación se asociaban con variaciones climáticas desfavorables que conducirían a menores rendimientos y retrasos de la siembra (FAO, 2021). La tendencia se asemejaba en países como China y Brasil, segundo y tercer país más importantes en la producción de MAD, los que de acuerdo a FAO (2021) presentarían comportamientos similares en cuanto al estancamiento y ligeras disminuciones de la producción, con proyecciones poco alentadoras para países líderes en el cultivo de maíz a nivel mundial.

**Tabla 1: Producción mundial de MAD por países (Miles de toneladas)**

| Países / Campañas  | 2017/18          | 2018/19          | 2019/20*         |
|--------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Total Mundo</b> | <b>1,079,914</b> | <b>1,122,460</b> | <b>1,110,835</b> |
| 1 Estados Unidos   | 371,096          | 364,262          | 347,782          |
| 2 China            | 259,071          | 257,330          | 260,770          |
| 3 Brasil           | 82,000           | 101,000          | 101,000          |
| 4 Union Europea    | 62,022           | 64,217           | 65,000           |
| 5 Argentina        | 32,000           | 51,000           | 50,000           |
| 6 Ucrania          | 24,115           | 35,805           | 35,500           |
| 7 Mexico           | 27,569           | 27,600           | 25,000           |
| 8 India            | 28,753           | 27,230           | 29,000           |
| 9 Canada           | 14,095           | 13,885           | 13,400           |
| 10 Indonesia       | 11,900           | 12,000           | 12,700           |
| <b>39 Perú</b>     | <b>1,523</b>     | <b>1,850</b>     | <b>1,900</b>     |
| Otros              | 165,770          | 166,281          | 168,783          |

\* Estimado

Fuente: USDA al 11 de febrero 2020

La Tabla 1 muestra los niveles productivos de los principales países dedicados al cultivo de MAD, en los tres primeros lugares: Estados Unidos, China y Brasil, cuya producción conjunta, en la campaña 2018/19 fue más del 60% de la producción mundial.

Cabe señalar, el posicionamiento de la producción peruana con valores de producción entre 1,6 millones y 1,7 millones de toneladas a nivel nacional, en el puesto 39; con proyecciones para finales de la campaña 2019/20 de 1.9 millones de toneladas, 50 mil toneladas más que la campaña precedente. Sin embargo, dichas estimaciones de USDA (2020) fueron previas al Estado de Emergencia por COVID-19.

#### b) Consumo mundial de maíz amarillo duro

A pesar que, la producción esperada mundial de maíz amarillo duro presentó menores valores a los de la campaña precedente del 2018/19, se estimaba que el comportamiento del consumo mundial mantendría el crecimiento constante que lo caracterizaba desde el año 2014, e incluso aumentando de 1,124 millones de toneladas consumidas en la campaña 2018/19, a una demanda estimada de 1,135 millones durante campaña 2019/20 (Tabla 2). Además, las proyecciones estimadas por el USDA (2020) a inicios del 2020, indicaron que el nivel de consumo de MAD llegaría a superar incluso el nivel de producción mundial en la campaña del año 2019/20, siendo estos los volúmenes proyectados más elevados en la historia (USDA, 2020). La Tabla 2 señala el nivel de consumo doméstico de los principales países consumidores de MAD por campaña productiva, donde Estados Unidos, China y la Unión Europea ocupan los tres primeros lugares, quienes en conjunto representaban el 60% del consumo a nivel mundial. La posición de Perú, cuyo consumo doméstico presentaba valores ampliamente mayores a lo producido en el país, ocupaba el puesto 26 entre los principales países durante la campaña 2018/2019. Este consumo se verá incrementado de 5.45 millones de toneladas consumidos durante el 2018/19, a 5.55 millones al 2019/20 (USDA, 2020).

**Tabla 2: Consumo de MAD por países y por campañas (Miles de toneladas)**

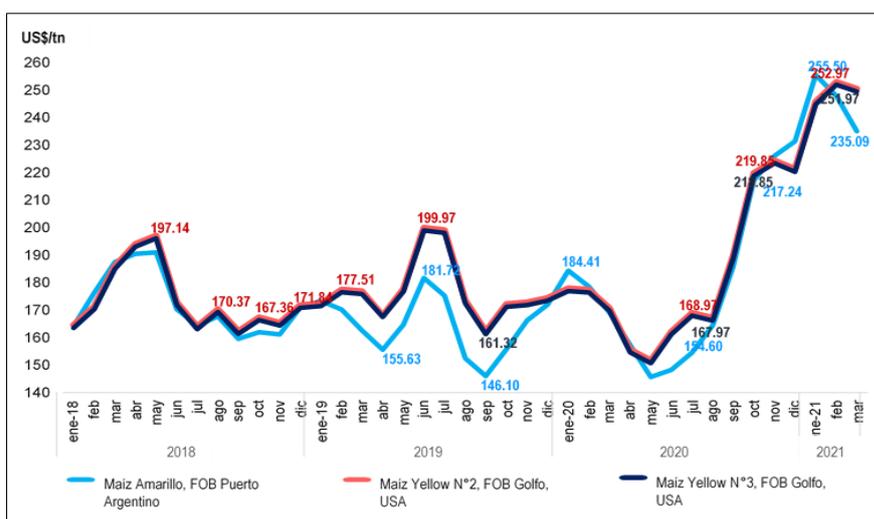
| Países / Campañas | 2017/18          | 2018/19          | 2019/20*         |
|-------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Mundo</b>      | <b>1,092,141</b> | <b>1,124,699</b> | <b>1,135,192</b> |
| 1 Estados Unidos  | 313,981          | 310,472          | 312,308          |
| 2 China           | 263,000          | 274,000          | 279,000          |
| 3 Unión Europea   | 76,500           | 88,000           | 82,500           |
| 4 Brasil          | 63,500           | 65,200           | 66,000           |
| 5 México          | 42,500           | 44,100           | 44,500           |
| 6 India           | 26,700           | 28,300           | 29,000           |
| 7 Egipto          | 15,900           | 16,200           | 16,700           |
| 8 Japón           | 15,600           | 16,000           | 16,100           |
| 9 Canadá          | 13,985           | 15,158           | 13,500           |
| 10 Vietnam        | 13,500           | 14,000           | 15,400           |
| <b>26 Perú</b>    | <b>5,050</b>     | <b>5,450</b>     | <b>5,550</b>     |
| Otros             | 241,925          | 247,819          | 254,634          |

\* Estimado

Fuente: USDA al 11 de febrero 2020

### c) Precios internacionales de maíz amarillo duro

A partir de la Figura 4, se obtiene que los valores promedio del precio del MAD presentaron un comportamiento irregular en el año 2019, siendo uno de los motivos principales la tensión comercial existente entre China y Estados Unidos, lo que acentuó la senda de bajo dinamismo del comercio mundial y la disminución del precio del maíz (CEPAL, 2019). Seguido de condiciones climáticas desfavorables a mediados del año, como el diluvio primaveral y periodo cálido – seco, provocaron incrementos en precio del MAD (Hirtzer, 2019).



**Figura 4: Precios internacionales de MAD según mercado (2018 – 2021)**

Fuente: ODEPA al 30 marzo 2021

De enero a mayo del 2020, se da una caída de precios, por la incertidumbre internacional por el COVID-19, y las medidas de prevención dadas a nivel mundial para frenar su propagación (Einstein-Curtis, 2020). En el segundo semestre del 2020, el incremento en el consumo del maíz, y la recuperación del dinamismo comercial, revirtió la tendencia inicial del precio (Figura 4). En enero del 2021, el MAD argentino logró un precio de US\$ 255.5 por tonelada, seguido por los maíces del Golfo, USA, con US\$ 245 por tonelada en promedio, un incremento de 38% respecto a enero del 2020. Explicado por la creciente demanda global del insumo y expectativas prósperas durante el 2021, ya sea en la elaboración de alimentos para animales o almacenamiento, particularmente del mercado chino (RaboResearch, 2021).

### 2.3.2. Mercado nacional de maíz amarillo duro

#### a. Importaciones peruanas de maíz amarillo duro

Al comparar los niveles de producción por campañas, cuyos valores promedios desde la campaña del 2014 al 2018 se aproximan a 1,7 millones de toneladas; con los del consumo doméstico, con valores promedio aproximados de 4,8 millones de toneladas, la producción nacional no es suficiente para la demanda. La principal razón del gran consumo doméstico es por las industrias nacionales avícola y porcina, cuyo principal insumo es el MAD, que ha motivado el incremento de importaciones de maíz para cubrir la demanda (Posada, 2018). De acuerdo a la Tabla 3, las importaciones en territorio nacional se han incrementado desde el año 2000, con un volumen de 846,454 toneladas; al 2018, donde superan 3.5 millones de toneladas, equivalentes a US\$ 683 millones, según SUNAT (2018).

**Tabla 3: Importaciones peruanas de MAD (1950 – 2018)**

| Año  | Volumen (t) | Valor (Miles US\$ CIF) |
|------|-------------|------------------------|
| 1950 | 10          | 0.3                    |
| 1960 | 835         | 33.0                   |
| 1970 | 1,717       | 292.0                  |
| 1980 | 485,393     | 80,777.0               |
| 1990 | 483,143     | 76,554.0               |
| 2000 | 846,454     | 93,194.5               |
| 2010 | 1,904,298   | 434,069.3              |
| 2018 | 3,556,303   | 683,846.0              |

Fuente: SUNAT – ADUANAS (2018)

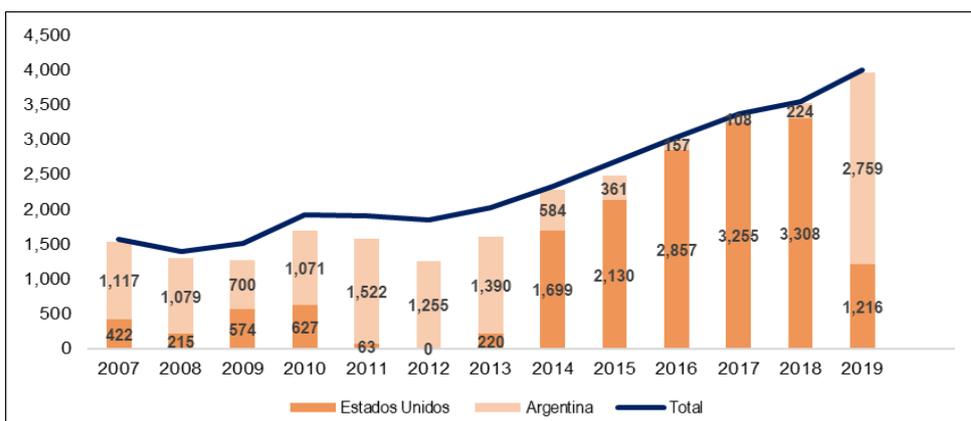
La Figura 5 hace referencia a una comparación entre los niveles de producción nacional de MAD y las importaciones de este insumo desde el año 2007 al 2019, en miles de toneladas. Ante la presencia del déficit de la producción nacional de MAD, desde el año 2012, los niveles de importaciones del insumo aumentaron sustancialmente, con una tasa de crecimiento promedio anual de 11.76% en el periodo 2012 – 2019 (MINAGRI, 2019). Un componente clave fue la aplicación del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos desde el 2009, el cual incentivó las importaciones de maíz, al ingresar al país libres de aranceles. En el año 2019, las importaciones de más de 4 millones de toneladas, cubrieron 76% de la oferta total de MAD en el país, y la producción nacional representó tan sólo el 24%, con 1,2 millones de toneladas (MINAGRI, 2019). Se infiere que, en el periodo 2007 – 2019, la producción nacional de maíz ha presentado un estancamiento, con ligeras disminuciones a partir del año 2015, mientras que han crecido sustancialmente las importaciones (Figura 5).



**Figura 5: Producción nacional e importaciones de MAD (Miles de toneladas)**

Fuente: MINAGRI (2019) y SUNAT (2020)

La Figura 6 muestra las importaciones procedentes de Argentina y Estados Unidos, en miles de toneladas para el periodo 2007 – 2019. Inicialmente el principal país de origen del maíz importado era Argentina, desplazado a partir del 2014 por Estados Unidos que, el 2018, cubrió 93% del volumen total de las importaciones del Perú, con más de 3 millones de toneladas. Las importaciones argentinas representaron el 6.3%, y 0.7% las importaciones de otros países (FAO, 2021). Al 2019, Argentina registró una alta e inusual productividad en la cosecha de maíz amarillo duro, un incremento extraordinario de más del 1000% con respecto al año anterior, tornándose el principal proveedor del insumo para el Perú (Gestión, 2019).



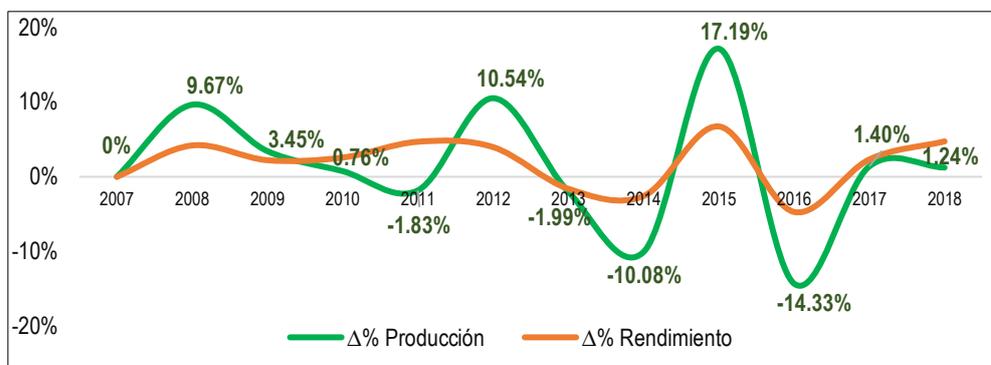
**Figura 6: Importaciones de MAD por principales países (Miles de toneladas)**

Fuente: FAO (2021)

### b. Producción nacional de maíz amarillo duro

De acuerdo al MINAGRI (2019), el cultivo de maíz amarillo duro en el Perú ha sufrido una dinámica variable durante el periodo 2007 – 2018, cuya producción creció hasta 17%, contrastados con disminuciones de hasta 14%, en dos años consecutivos: 2015 y 2016; resaltando así la inestabilidad productiva del mercado nacional (Figura 7).

Del 2007 al 2012, la producción de MAD crece 4.5% anualmente, por mayores rendimientos por hectárea (MINAGRI, 2019). No obstante, de los años 2013 al 2018, la actividad productiva del MAD sufrió seria inestabilidad, intercalándose años de alzas productivas (2015), y bajas sustanciales (2016). El comportamiento, de acuerdo al Plan Nacional de Cultivos 2019 (MINAGRI, 2019), es resultado del menor dinamismo por parte de las principales regiones productoras como Lima (-11.5% anual), La Libertad (-18.2% anual), Lambayeque (-3.3% anual) y Piura (-9.4% anual).



**Figura 7: Producción y rendimiento de MAD en el Perú (Var. %)**

Fuente: MINAGRI (2019)

La Tabla 4 se basa en el Anuario de Producción Agrícola del año 2018 (MINAGRI, 2018), el cual indica que el MAD se siembra en todo el país, con 256,240 hectáreas dedicadas a la producción del insumo, cuya producción supera 1 millón de toneladas el 2018, y un rendimiento de 4.93 t/ha por debajo del promedio mundial.

**Tabla 4: Indicadores departamentales del cultivo de MAD al año 2018**

| Indicadores        | Participación Porcentual | Rendimiento (t/ha) | Producción (t) | Superficie (ha) | Precio (S//kg) |
|--------------------|--------------------------|--------------------|----------------|-----------------|----------------|
| Nacional           | 100.00                   | 4.93               | 1,265,072      | 256,240         | 0.91           |
| Ancash             | 16.9                     | 10.65              | 214,096        | 20,096          | 0.87           |
| Ica                | 16.2                     | 10.17              | 204,901        | 20,148          | 0.92           |
| Lima               | 10.3                     | 9.49               | 130,506        | 13,741          | 0.89           |
| Loreto             | 9.4                      | 2.94               | 118,336        | 40,235          | 0.79           |
| San Martín         | 8.7                      | 2.46               | 110,450        | 44,836          | 0.75           |
| <b>La Libertad</b> | <b>8.4</b>               | <b>8.58</b>        | <b>106,491</b> | <b>12,410</b>   | <b>1.07</b>    |
| <b>Lambayeque</b>  | <b>7.8</b>               | <b>6.71</b>        | <b>98,649</b>  | <b>14,693</b>   | <b>0.93</b>    |
| Cajamarca          | 5.2                      | 3.64               | 65,852         | 18,106          | 0.91           |
| <b>Piura</b>       | <b>3.7</b>               | <b>3.70</b>        | <b>46,845</b>  | <b>12,659</b>   | <b>1.06</b>    |
| Huánuco            | 3.4                      | 3.86               | 42,962         | 11,146          | 0.90           |
| Amazonas           | 2.5                      | 2.53               | 31,260         | 12,348          | 1.07           |
| Ucayali            | 2.1                      | 2.38               | 26,553         | 11,157          | 0.93           |
| Resto del país     | 5.4                      | 2.76               | 68,171         | 24,667          | 1.18           |

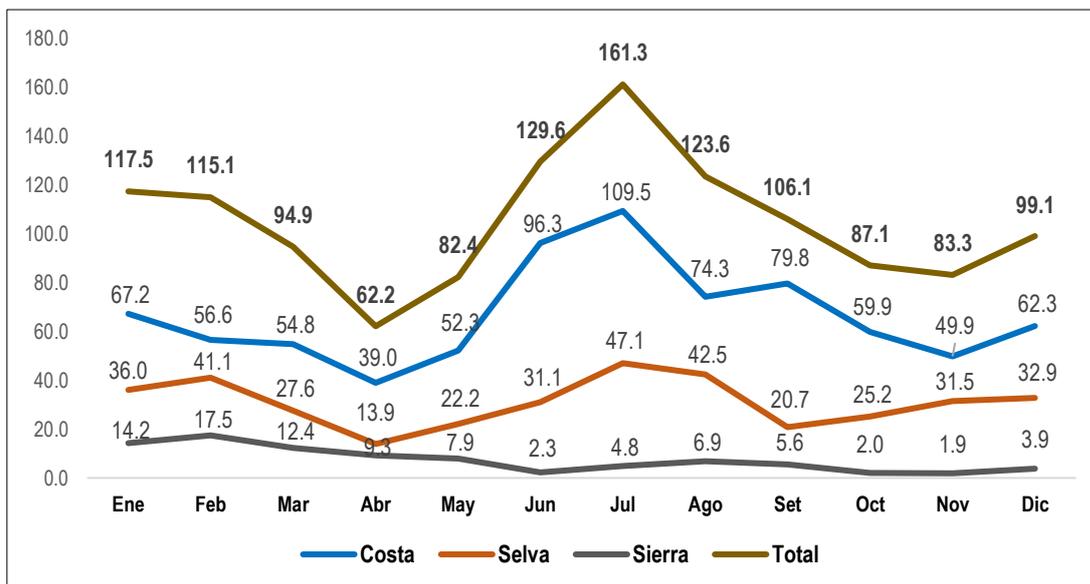
Fuente: MINAGRI (2018)

Un 94.6% del cultivo se concentra en 12 departamentos, 63.5% en la costa; en la selva se produce 30%, donde la mayoría de productores no usan semilla certificada, con menores rendimientos que en la costa; y en la región sierra, se produce el 7% restante, generalmente para el autoconsumo (MINAGRI, 2018). Respecto a la región San Martín, Braúl y Diez (2017), evaluaron el impacto socioeconómico de liberar semilla certificada INIA-616 dado el escaso uso de ésta y el bajo nivel de productividad logrado en la región. Cabe resaltar que las tres principales las regiones productoras de MAD pertenecen a la costa del país, donde Ancash, Lima e Ica se caracterizan por tener una mayor productividad, produciendo conjuntamente 549 mil toneladas; además de presentar los mejores rendimientos a nivel nacional, los cuales se aproximan a 10 toneladas por hectárea, explicable porque los productores usan semillas certificadas y emplean los insumos necesarios para lograr una buena producción del cultivo (MINAGRI, 2018).

Asimismo, la Figura 8 presenta la estacionalidad del cultivo de acuerdo a las regiones costa, sierra y selva, de forma mensual, cuyo comportamiento productivo está ligado a la disponibilidad del recurso hídrico de las zonas.

En la costa, la producción es durante todo el año, con incrementos sustanciales entre los meses de mayo y octubre de hasta 109 mil toneladas producidas en los meses de julio; en la selva, la producción se concentra durante los meses de junio a setiembre, donde el máximo valor registrado fue de 47 mil toneladas en julio; mientras que en la sierra se concentró durante el primer semestre, época de cosechas de la superficie bajo seco, llegando a producir como máximo 17 mil toneladas en febrero (MINAGRI, 2018).

Por tanto, la producción mensual a nivel nacional se ve mayormente representada por las cantidades producidas en la costa peruana, cuya tendencia es similar: alzas productivas durante los meses de mayo a octubre; y disminuciones sustanciales durante los primeros cuatro meses del año (Figura 8), siendo el mayor valor registrado de 161,3 toneladas en el mes de julio.



**Figura 8: Distribución mensual de las cosechas de MAD por regiones**

Fuente: MINAGRI (2018)

### c. Producción de maíz amarillo duro en la costa norte

A pesar del rendimiento relativamente alto de la costa con respecto al del país, y su alta estacionalidad durante el año, la productividad obtenida en la costa norte del país, departamentos La Libertad, Lambayeque y Piura, no es la óptima debido a la presencia de plagas y enfermedades propias de la zona, que ocasionan elevado uso de agroquímicos, y conduce a una disminución del rendimiento por afectación a la fisiología del cultivo. Aunado a los mayores costos, los menores ingresos del productor conducen a una baja rentabilidad económica. Ello se refleja en un descenso de dinamismo en la costa norte en los últimos años (Tarazona, 2016; Mogollón, 2015).

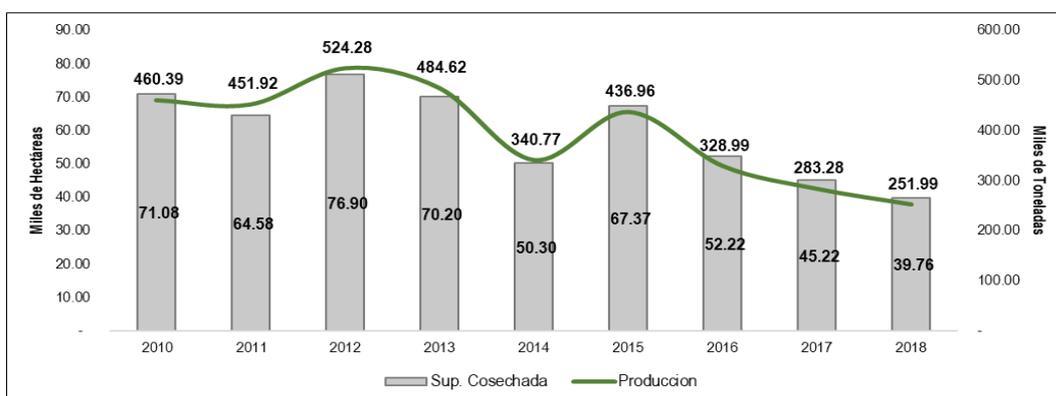
La Tabla 5, formulada con datos del MINAGRI (2019), señala el estancamiento del rendimiento del cultivo de MAD en la costa norte durante el periodo 2010 – 2018, departamentos La Libertad, Lambayeque y Piura; a pesar que, en conjunto, presentan valores superiores al promedio nacional. Los departamentos estudiados presentaron un rendimiento promedio del cultivo de 6.11 t/ha en el año 2010, mientras que el año 2018, se obtuvo un rendimiento de 6,33 t/ha, con un incremento de 3.6%, una tasa inferior a la del rendimiento promedio nacional, donde este último creció de 4.33 t/ha en el 2010, a 4.93 t/ha en el 2018, un incremento del 14.01% (MINAGRI, 2019), sin embargo, la superioridad del rendimiento de estos departamentos se conserva respecto al total nacional.

**Tabla 5: Rendimientos del cultivo de MAD en la costa norte (t/ha)**

| Años | La Libertad | Lambayeque | Piura | Promedio Costa Norte | Promedio nacional |
|------|-------------|------------|-------|----------------------|-------------------|
| 2010 | 8.369       | 6.111      | 3.856 | 6.11                 | 4.339             |
| 2011 | 8.911       | 6.65       | 4.343 | 6.63                 | 4.543             |
| 2012 | 8.980       | 5.885      | 3.838 | 6.23                 | 4.724             |
| 2013 | 8.943       | 6.242      | 4.053 | 6.41                 | 4.648             |
| 2014 | 8.748       | 6.443      | 3.871 | 6.35                 | 4.528             |
| 2015 | 8.562       | 5.884      | 3.93  | 6.13                 | 4.834             |
| 2016 | 8.673       | 6.158      | 3.713 | 6.18                 | 4.606             |
| 2017 | 8.546       | 6.699      | 3.719 | 6.32                 | 4.713             |
| 2018 | 8.581       | 6.714      | 3.701 | 6.33                 | 4.937             |

Fuente: MINAGRI (2019)

La Figura 9 presenta la evolución de la superficie cosechada y producción del cultivo de MAD en la región de la costa norte de acuerdo a información brindada por MINAGRI (2018). Se observa una desaceleración del crecimiento de la producción de MAD, la que cae de 484,620 toneladas en el 2013, a 251,990 toneladas producidas en el 2018. Desde 2010 al 2015, la producción de maíz tuvo un comportamiento inestable, con incrementos trascendentes de hasta 524,280 hectáreas en el año 2012, y disminuciones sustanciales cuya cantidad se aproximaba a 340,770 toneladas (MINAGRI, 2018). Producto de cada vez menores superficies dedicadas al cultivo de maíz en la costa norte peruana, la superficie orientada al cultivo se redujo de 70,2 mil hectáreas en el 2013, a 39,7 mil hectáreas el 2018, con una reducción anual de 11.3%. Por el reemplazo del MAD por cultivos de agroexportación, se observa menor dinamismo en la costa norte (MINAGRI, 2018).



**Figura 9: Superficie cosechada y producción de MAD en la costa norte del Perú**

Fuente: MINAGRI (2018)

#### d. Costos de producción de maíz amarillo duro en la costa norte

En la Tabla 6 se presentan los costos en nuevos soles por hectárea en las regiones de la costa norte peruana dedicados al maíz amarillo duro: Piura, Lambayeque y La Libertad, de acuerdo a las Direcciones Regionales de Agricultura de cada departamento.

**Tabla 6: Costos de producción por hectárea de MAD en la costa norte del Perú**

| <b>Rubros</b>                    | <b>Piura</b>     | <b>Lambayeque</b> | <b>La Libertad</b> |
|----------------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Semilla                          | 559.00           | 365.00            | 480.00             |
| Fertilizantes                    | 1,629.60         | 1,086.30          | 1,078.00           |
| Insecticidas específicos         | 0.00             | 48.00             | 233.00             |
| Insecticidas multipropósito      | 654.00           | 127.20            | 284.00             |
| Mano de Obra                     | 1,592.50         | 2,800.00          | 2,795.50           |
| Mecanización                     | 1,135.00         | 667.00            | 390.00             |
| Agua                             | 205.00           | 284.00            | 80.00              |
| Otros gastos                     | 176.00           | 175.00            | 51.00              |
| <b>Costos directos</b>           | <b>5,951.10</b>  | <b>5,552.50</b>   | <b>5,391.50</b>    |
| <b>Costos indirectos</b>         | <b>760.76</b>    | <b>277.63</b>     | <b>269.58</b>      |
| <b>Costo Total de producción</b> | <b>6,711.86</b>  | <b>5,830.13</b>   | <b>5,661.08</b>    |
| <b>Rendimiento (kg)</b>          | <b>10,000.00</b> | <b>8,000.00</b>   | <b>8,500.00</b>    |
| <b>Precio Promedio</b>           | <b>0.77</b>      | <b>0.80</b>       | <b>0.85</b>        |

Fuente: Dirección Regional de Agricultura Piura, Lambayeque y La Libertad (precios actualizados al 2018).

Es importante analizar el comportamiento de los costos de producción en cada región, principalmente en los rubros de gasto en semillas e insecticidas específicos, además del sistema de agricultura que se viene aplicando, como es la agricultura tradicional, la agricultura media y la agricultura moderna. Los mayores costos de producción los presenta Piura, que ascienden a S/ 6,711 por hectárea de MAD, asociados a un rendimiento potencial de hasta 10 t/ha. Seguidamente, La Libertad y Lambayeque, con costos de S/ 5,660 y S/ 5,830 respectivamente, con rendimientos potenciales de 8.5 y 8 toneladas por hectárea (Dirección Regional de Agricultura Piura, Lambayeque y La Libertad, 2018).

En la Tabla 7 se muestran los estadísticos de los costos productivos del MAD en la costa norte al 2018, construido a partir de la Tabla 6. El valor mínimo de rendimiento potencial por producción de maíz es 8,000 kilos y el valor máximo es de 10,000 kilos por hectárea cultivada, siendo Piura el que presenta mayores rendimientos; pero con costos más elevados que los de Lambayeque y La Libertad. La Tabla 7 muestra un precio promedio de S/. 0.81 por kilo, en los tres departamentos, usando semillas convencionales (Dirección Regional de Agricultura Piura, Lambayeque y La Libertad, 2018).

Estos datos serán útiles para estimar *ex - ante* la rentabilidad a corto plazo para los agricultores dedicados al cultivo de MAD que generará la hipotética liberación de semillas genéticamente modificadas, con resistencia a insectos.

**Tabla 7: Estadísticos de costos de producción del MAD en el Perú**

| <b>Rubros</b>               | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>Promedio</b> | <b>Desv Std</b> | <b>Moda</b> |
|-----------------------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-------------|
| Semilla                     | 365.00        | 559.00        | 468.00          | 97.56           | #N/D        |
| Fertilizantes               | 1,078.00      | 1,629.60      | 1,264.63        | 316.10          | #N/D        |
| Insecticidas específicos    | 0.00          | 233.00        | 93.67           | 123.03          | #N/D        |
| Insecticidas multipropósito | 127.20        | 654.00        | 355.07          | 270.49          | #N/D        |
| Mano de Obra                | 1,592.50      | 2,800.00      | 2,396.00        | 695.86          | #N/D        |
| Mecanización                | 390.00        | 1,135.00      | 730.67          | 376.56          | #N/D        |
| Agua                        | 80.00         | 284.00        | 189.67          | 102.86          | #N/D        |
| Otros gastos                | 51.00         | 176.00        | 134.00          | 71.88           | #N/D        |
| Costos indirectos           | 269.58        | 760.76        | 435.99          | 281.29          | #N/D        |
| <b>Rendimiento (kg)</b>     | 8,000.00      | 10,000.00     | 8,833.33        | 1040.83         | #N/D        |
| <b>Precio Promedio</b>      | 0.77          | 0.85          | 0.81            | 0.04            | #N/D        |

Fuente: Dirección Regional de Agricultura Piura, Lambayeque y La Libertad (precios actualizados al 2018).

### **2.3.3. Investigaciones sobre la evaluación *ex-ante* de rentabilidad de semillas genéticamente modificadas en el sector agrícola peruano**

Diez *et. al* (2018), evalúan la viabilidad económica *ex-ante* del uso de innovaciones genéticas en cultivos de maíz amarillo duro y papa blanca. Emplaron el presupuesto parcial, en un entorno de riesgo, con el programa @Risk. En el MAD, las nuevas semillas, incrementarán su rentabilidad esperada en S/ 959 por hectárea y un índice beneficio-costo marginal de 1.06, equivalente a 6 centavos de ganancia por cada 1 nuevo sol invertido en la nueva semilla. Al usar papa cisgénica, la rentabilidad esperada aumenta en S/ 7,000; y su índice beneficio-costo asciende a 1.11, es decir, se obtendrá una ganancia de 11 centavos por cada sol invertido. Por tanto, se demuestra la conveniencia del uso de semillas tratadas con biotecnología en dichos cultivos en territorio peruano.

Mogollón (2015) evalúa los impactos económicos y ambientales por liberación de semillas genéticamente modificadas en el cultivo de MAD, resistentes al gusano cogollero, en el distrito de Jayanca, Lambayeque. Se usó el presupuesto parcial y el modelo de excedentes económicos. Demuestra incrementos en la utilidad de los agricultores del 90% tras la adopción de la nueva tecnología; además, el análisis de excedentes plantea incrementos en los excedentes económicos tanto de los agricultores (S/ 1 millón), como de consumidores (S/ 541 mil) al décimo año de adoptar la tecnología transgénica. Evidenciando las potencialidades positivas de utilizar las semillas de MAD *Bt* en la región.

Abad (2014), estima el impacto en la rentabilidad de una posible liberación de semillas de MAD *Bt*, en la provincia de Barranca, Lima, cuya información es principalmente obtenida a partir de los agricultores de la localidad. Los resultados a partir de un modelo de análisis probabilístico reflejan incremento de 25% de la rentabilidad bruta, producto de la implementación de la nueva tecnología en semillas, equivalente a S/ 1,580 por hectárea, con posibilidades de llegar hasta S/ 5,268. Además, mediante un análisis beneficio costo, se obtiene que existe un 68% de posibilidades que la inversión en semillas de maíz *Bt*, con resistencia a lepidópteros, sean consideradas rentables para el agricultor del cultivo.

Respecto a otros cultivos cuyas variantes genéticamente modificadas presentan potencialidades de impactar de manera positiva en los beneficios económicos, tanto a corto como largo plazo, se encontró los siguientes estudios:

- Guillén (2014) señala el relativo estancamiento de la productividad de papa en el Perú, cuyas pérdidas postcosecha del producto y baja productividad neta por parcela están asociados al ataque de diversos agentes bióticos como la ranca, el gorgojo de los andes, entre otros. Ante ello, se propone una evaluación ex – ante para cuantificar el impacto socioeconómico de la introducción de semillas GM de papa resistente a ranca en Huasahuasi, departamento de Junín. Se encontró que, al usar las nuevas semillas, los excedentes de los agentes económicos asociados a la producción de papa se incrementarán en US\$ 285 millones adicionales para productores y US\$ 58 millones para los consumidores.
- Gómez *et al.* (2021) comparan los beneficios económicos para los productores de Lima y Ayacucho, encontrando que los productores en Lima obtienen rentabilidades superiores a Ayacucho: S/ 2,145 en Lima, y S/ -4,802 en Ayacucho. La región de Lima obtendría una rentabilidad positiva en la mayoría de los escenarios planteados, es decir, presentará menor riesgo asociado a la actividad productiva. Ante el escenario desfavorable para la región de Ayacucho, se propone una hipotética liberación de semillas cisgénicas resistentes a plagas. Bajo una evaluación ex – ante, demostró la viabilidad económica del uso de dichas semillas, donde se calculan incrementos del bienestar en los agentes económicos: S/ 0.98 millones para los consumidores, y S/ 1.99 millones para los productores; así como, el VAN ascendiente a S/12.6 millones, y una TIR promedio anual de 18,3%.
- Maza (2020), estudia ex - ante la liberación de semillas de papa cisgénica en el sector agrícola peruano, a corto y largo plazo, en diversas regiones del territorio peruano, estimando los rendimientos agrícolas y beneficios económicos, comparando los resultados obtenidos de la evaluación haciendo uso de una metodología determinística y probabilística.

Encontró que, al utilizar una metodología probabilística en un entorno de riesgo, la semilla cisgénica de papa tendrá beneficios para consumidores, productores y la sociedad en su conjunto de hasta 147,910 millones de soles, con una probabilidad de 99.3% de presentar escenarios favorables para la adopción de la nueva semilla.

- Matta (2016), investigó efectos económicos a corto y largo plazo de la liberación de semillas de algodón Bollgard II, genéticamente modificadas resistente a insectos, en Cañete, Lima. Empleó un presupuesto parcial bajo un enfoque de riesgo para un análisis a corto plazo, cuyos resultados arrojan una probabilidad del 58% de presentar mayores beneficios netos por hectárea: un valor medio esperado de S/ 1,373, con posibilidades de poder obtener hasta S/ 28,577. Para el análisis a largo plazo se utilizó el modelo de cambio de excedentes económicos indicando que, al quinto año de adoptada la nueva semilla, los productores incrementarían su excedente en un S/ 1.57 millones, y los consumidores en más de S/ 800 mil.

#### **2.3.4. Investigaciones previas sobre los impactos socio-económicos de la adopción de biotecnología en el sector agrícola**

##### **a) A nivel mundial**

Debido a limitaciones bióticas y abióticas que enfrenta el maíz en Etiopía, así como los ataques de insectos y presencia de sequías; y la importancia para los pequeños agricultores, Yirga *et al.* (2020) proponen la adopción del maíz TELA genéticamente modificado. El estudio estima los beneficios económicos esperados de adoptar la nueva tecnología, con un modelo de equilibrio parcial de excedentes económicos. Las estimaciones proyectan que, si la nueva semilla tolerante a sequías y con resistencia a insectos se siembra en el 2023, el VAN estimado de los beneficios para la sociedad en su conjunto alcanzarían los US\$ 850 millones.

Brookes (2019) investigó el impacto económico y ambiental de la adopción de maíz de tecnología transgénica con resistencia a insectos, en España y Portugal, durante los años 1998 – 2018. Los resultados demostraron que los productores dedicados al cultivo de maíz se beneficiaron con un incremento de sus ingresos equivalentes a un promedio de €173/Ha. Donde, en promedio, por cada euro adicional invertido en la nueva tecnología de semilla, obtuvieron una ganancia de €4.95 euros adicionales, en comparación con el uso de la semilla convencional. Dichas ganancias se originaron a partir en un aumento en el rendimiento del cultivo en 11,5% y la reducción en 37% de los gastos por insecticidas.

Ruhinduka *et al.* (2020), señalaron que las innovaciones recientes en el sector agricultura de Tanzania, tales como el desarrollo de variedades de cultivos GM, podrían revolucionar el desempeño agrícola del país, en un contexto donde la productividad agrícola ha mantenido una tendencia relativamente baja. Ante ello, se investigaron los posibles impactos económicos para agricultores y consumidores de las nuevas variedades de maíz resistente a sequías y plagas, así como variedades de yuca resistentes a enfermedades del rayado marrón. Se estimaron los excedentes económicos y proyecciones de las ganancias de la sociedad en su conjunto, del periodo 2015 – 2041, cuyos impactos económicos netos presentaron una tendencia positiva ante la posible adopción de las variedades GM. Específicamente, los beneficios en el cultivo de maíz ascenderán en 4.6 trillones de TSh (US\$ 1,983 millones), y en cultivo de yuca serían de 844 billones de TSh (US\$ 364 millones).

El informe del Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas (ISAAA, 2017) señala la mejora de las condiciones económicas, sociales, ambientales y sanitarias, que generan los cultivos tratados con biotecnología, para los agricultores y el público en general. La rápida adopción por los cultivos tratados con biotecnología refleja los beneficios obtenidos por los grandes y pequeños agricultores, tanto de países industrializados como en países en vías de desarrollo, cuyos principales beneficios socioeconómicos y ambientales se asocian a: aumentos de la productividad, autosuficiencia en la tierra cultivable de una nación, conservación de la biodiversidad, al evitar la deforestación y proteger santuarios de la biodiversidad. Cabe resaltar, los beneficios económicos mundiales aportados durante el periodo 1996 – 2016 fueron equivalentes aproximadamente a 186,100 millones de dólares, a un promedio de 16 a 17 millones de agricultores, donde 95% provienen de países en vías de desarrollo, siendo los cultivos principales: soya, maíz, algodón y canola.

Dado que el maíz es considerado como el cultivo más importante para la agricultura africana, Kostandini *et al.* (2015) realizaron una evaluación ex – ante en Kenia y Sudáfrica de los potenciales impactos del maíz mejorado genéticamente para suelos africanos (IMAS). Las variedades de maíz IMAS, usan biotecnología para mejorar la eficiencia en el uso de nitrógeno, y ofrece aumentos en 50% de los rendimientos esperados del cultivo, en regiones donde se utiliza poco o ningún fertilizante. Encuentran que las nuevas variedades de maíz generarán beneficios brutos totales de US\$ 586 millones: US\$ 136 millones y US\$ 100 millones para los productores de Kenia y Sudáfrica; además de US\$ 112 millones y US\$ 238 millones para los consumidores de Kenia y Sudáfrica, respectivamente.

Xie *et. al* (2017) en el que examinan los potenciales impactos económicos del maíz transgénico resistente a insectos en China. El estudio se basó en artículos de producción de maíz GM, así como entrevistas a expertos para determinar los impactos de la comercialización de la nueva variante de maíz. Utilizando la metodología basada en el modelo modificado del GTAP (*Global Trade Análisis Project*), los resultados se dividieron en: (i) términos agrícolas: se demostró el incremento en el rendimiento esperado anual de los cultivos de 5.6 a 18.1 toneladas, y la reducción de costos por insecticidas y mano de obra; y (ii) términos nacionales: el estudio presenta las posibilidades de incrementar el PBI nacional en US\$ 8.6 mil millones.

#### **b) A nivel americano**

Brookes (2020), evaluó los impactos económicos de la adopción de algodón y maíz modificado genéticamente (GM) en Colombia, desde los años 2003 y 2007 respectivamente. Encontró incrementos en los ingresos de los hogares dedicados al sector agrícola. Específicamente, por cada US\$ 1 adicional invertido en las nuevas semillas GM, los agricultores obtuvieron US\$ 3.09 adicionales en sus ganancias por el cultivo de algodón transgénico, y US\$ 5.25 adicionales con el cultivo de maíz transgénico. Ello como resultado de incrementos en sus rendimientos de producción: 30.2% adicional en algodón y 17.4% en maíz; así como la disminución en 19% del uso de insecticidas y herbicidas.

Macall y Smyth (2020), realizan una evaluación ex – ante del impacto socioeconómico de la adopción de maíz *Bt* en El Salvador, el cual tiene como contexto un marco regulatorio propuesto por el gobierno salvadoreño, en el que no se permite el cultivo de transgénicos. Utilizando un modelo de equilibrio parcial, a partir del modelo de excedentes económicos, se obtuvo como resultado el impacto económico positivo del maíz *Bt*, en caso se permitiera su liberación, y el beneficio sustancial que obtendrían los consumidores y productores a partir de la adopción de la nueva tecnología de semillas.

Huffman *et al.* (2018), estudiaron las potencialidades de las nuevas tecnologías en el sector agrícola del medio oeste de los Estados Unidos, particularmente en el cultivo de maíz, en el que se incluyen aspectos socio-económicos. Como resultado, se obtiene que el potencial de rendimiento es modelado por una frontera de producción estocástica, el cual es afectado positiva y directamente por aspectos como la investigación pública orientados al maíz, la fertilización con nitrógeno y la adopción de semillas tratadas con biotecnología. Ante ello, la introducción y adopción de variedades de maíz transgénico tuvo un efecto inmediato y positivo en los rendimientos promedio de maíz al incrementarlo significativamente.

El Consejo Argentino para la Información y Desarrollo de la Biotecnología (ArgenBio, 2016) considera a Argentina como uno de los países líderes en el uso de cultivos modificados de manera genética en el sector agrícola desde mediados de la década de 1990, donde sus principales cultivos fueron la soya, el maíz y el algodón. Además, la incorporación de tecnologías transgénica generó, al 2016, beneficios acumulados estimados para el sector agrícola argentino de US\$ 126,969 millones: US\$ 118.355 millones correspondientes al cultivo de soja, US\$ 5,510 millones por el maíz, y US\$3,103 millones por algodón.

A partir de la importancia socio – económica del cultivo de MAD en Ecuador, principalmente por su uso en la industria avícola y porcina, liderada por pequeños productores, y cuyos rendimientos se posicionan por debajo del promedio mundial, Reyna (2018), evalúa el impacto económico de la adaptación de semillas mejoradas con *Bt* para incrementar los rendimientos y rentabilidad de los productores y consumidores de las principales provincias productoras de MAD en Ecuador, donde los agricultores obtendrán incrementos en sus utilidades de 59% en promedio a corto plazo; mientras que, a largo plazo, se tendría mayor bienestar tanto para consumidores y productores.

Bergantini *et al.* (2014), analizan la rentabilidad de maíz transgénico en Brasil, en relación al híbrido convencional, en un entorno de riesgo. Se entrevistó a productores de maíz, donde el 100% de los entrevistados se encontraba convencido que el maíz transgénico es más ventajoso que el convencional en reducción del uso de insecticidas, menor necesidad de manipular productos químicos, y menor uso de plaguicidas. Al 2012, el uso de las nuevas semillas de maíz generó ganancias reales de US\$ 294.4 por hectárea, 43% más que la obtenida con semillas convencionales. Por tanto, al promover ganancias económicas y ser mayormente aceptadas por los agricultores, se demostró que la tecnología transgénica es eficiente económicamente.

En síntesis, de las investigaciones citadas, se resalta que muchos países se benefician a partir de los cultivos transgénicos, lo cual no significa que otros países deban implementarlos sin hacer previamente evaluaciones de tipo biológico y económico, como la presente evaluación *ex – ante* de los impactos en la rentabilidad de los productores de maíz amarillo duro de la costa norte del país, derivados de la adopción de una semilla modificada genéticamente para otorgarle resistencia al lepidóptero conocido como cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

## **2.4. MARCO LEGAL DE OVM**

De acuerdo a la Ley N° 29811, al año 2011 queda establecida la moratoria por diez años que impide la producción e ingreso de organismos vivos modificados – OVM, en territorio nacional liberados en el ambiente, ante la incertidumbre sobre los futuros impactos negativos producto de los transgénicos sobre la diversidad de los ecosistemas peruanos.

La Ley 29811 presenta como finalidad: 1) generar y fortalecer las capacidades nacionales que permitan evaluar eficientemente las actividades de liberación de OVM; 2) desarrollar la infraestructura; 3) generar líneas de base que permita la liberación de OVM al territorio nacional. Además, en concordancia con el DS. 008-2012-MINAM, artículo 8; el Ministerio del Ambiente (MINAM), junto al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), promueven la investigación científica y tecnológica de las instituciones nacionales para la difusión de técnicas aplicando la biotecnología, a fin de contribuir a la correcta toma de decisiones sociales acerca del uso de OVM.

Asimismo, la creación del Programa de Biotecnología y Desarrollo Competitivo, del Instituto Nacional de Innovación Agraria (Ley 29811, art. 24), cuyo objetivo es la promoción del uso responsable de la biotecnología, sin perjuicio a los procesos productivos ni la biodiversidad nativa; la evaluación de las oportunidades del uso de los OVM en la solución de problemas en el ámbito nacional para el desarrollo sostenible y competitivo del país, y generar condiciones que favorezcan el desarrollo de la biotecnología.

La última modificación de la Ley 29811, se dio con la Ley N° 31111, publicada el 6 de enero de 2021, en el diario oficial El Peruano, que propone la ampliación de 15 años, hasta el 2035, a la moratoria que impide el ingreso y producción de OVM en el país. Se sustenta en la supuesta incertidumbre sobre los posibles impactos en los ecosistemas del Perú producto del uso de transgénicos, tomándose la moratoria y su extensión como una medida de precaución.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO**

El ámbito de la investigación es la costa norte del Perú, haciendo uso de información secundaria del MINAGRI y la Dirección General de Información Agraria, además de información de Gobiernos Regionales. Cabe señalar que los datos se obtuvieron hasta el año 2019, anterior a la pandemia generada por el Covid-19. Se tomó información de los tres departamentos representativos por su mayor participación en las intenciones de siembra de maíz amarillo duro de acuerdo al Plan Nacional de Cultivos 2019 – 2020: La Libertad, Lambayeque y Piura.

En La Libertad se producen 98 cultivos, 57 transitorios, cuya superficie en la región fue de 174,766 ha en el 2018, del cual el cultivo de MAD ocupa el quinto lugar con un 9.24% de la superficie cosechada (16,158 ha) a nivel regional. La producción de MAD en Lambayeque se ha reducido en el periodo 2013 – 2018, de 291,112 a 106,491 toneladas, con una reducción anual promedio de 12,68% (MINAGRI, 2018).

En Lambayeque se producen 70 cultivos, 40 transitorios y 30 permanentes y especiales. El cultivo de MAD ocupa el segundo lugar con un 14,4% de la superficie cosechada (12,453 ha) a nivel regional. La producción de MAD en La Libertad ha presentado un comportamiento variante durante el periodo 2013 – 2018, con incrementos y disminuciones porcentuales anuales significativos. A pesar de ello, la región presentó un ligero incremento en su producción: de 85,720 toneladas en el 2013, a 98,649 toneladas al 2018 (MINAGRI, 2018).

Piura se orienta a 48 cultivos, 25 transitorios y el resto permanentes y especiales. El cultivo de MAD ocupa el segundo lugar con un 13,5% de la superficie cosechada (16,608 ha) a nivel regional. De igual manera, la producción de MAD en Piura ha presentado un comportamiento variable durante el periodo 2013 – 2018, con incrementos y disminuciones porcentuales anuales significativos. Pero, contrariamente a Lambayeque, Piura tuvo una reducción en su producción: de 54,390 en el 2013, a 46,845 toneladas al 2018 (MINAGRI, 2018).

### 3.2. INSTRUMENTOS DE COLECTA DE DATOS

En la investigación se hizo uso de información secundaria y terciaria. Se colectó información secundaria de la Gerencia Regional de Agricultura de Lambayeque, la Gerencia Regional de Agricultura de La Libertad y la Dirección Regional de Agricultura de Piura, sobre los costos de producción de los cultivos de MAD en cada región. Asimismo, se utilizó información de anuarios y estadísticas del Ministerio de Agricultura y Riego. Como fuente terciaria se tuvo literatura (textos, artículos, etc.) referente a la controversia sobre los cultivos tratados con biotecnología, y de las potencialidades del cultivo de MAD genéticamente modificado, además se obtuvo información sobre la metodología de evaluación *ex – ante* utilizada en estudios anteriores que hacen referencia a alternativas transgénicas.

### 3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de carácter no experimental, al no controlar o manipular las variables de estudio; descriptivo y explicativo, ya que la investigación tiene como fin obtener una relación de causalidad entre la hipotética liberación de semillas genéticamente modificadas de MAD, el incremento esperado del rendimiento del cultivo, y el impacto esperado en el beneficio de los consumidores y productores de la costa norte del Perú.

### 3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

El número de productores dedicados al cultivo de maíz amarillo duro en el Perú fue de aproximadamente 200 mil unidades agropecuarias (Tabla 8). Además, en la zona norte (Lambayeque, La Libertad y Piura) se concentra la mayor parte (IV CENAGRO). En el estudio no se considera una muestra representativa, debido a que se utilizó información secundaria o referencial de las unidades productivas.

**Tabla 8: Número de productores y superficie instalada de MAD**

| Tamaño              | Productores |                   | Superficie |                   |
|---------------------|-------------|-------------------|------------|-------------------|
|                     | Número      | Participación (%) | Hectáreas  | Participación (%) |
| Menos de 2.9 has    | 181,412     | 91.36             | 132,425    | 50.63             |
| De 3.0 has a 2499.9 | 17,151      | 8.64              | 129,152    | 49.37             |
| Total               | 198,563     | 100.00            | 261,577    | 100.00            |

Fuente: IV CENAGRO

### **3.5. HIPÓTESIS**

#### **3.5.1. Hipótesis general**

La liberación de semillas genéticamente modificadas de maíz amarillo duro (MAD *Bt*) evidenciará un impacto económico positivo para los agricultores en la costa norte del Perú, debido a que estas semillas generarían mayor resistencia al ataque de plagas y enfermedades en ese cultivo, además de incrementos en los rendimientos.

#### **3.5.2. Hipótesis específicas**

**HE1.** La liberación de semillas de MAD *Bt* generará mayor rentabilidad económica a corto plazo para los agricultores de la costa norte del Perú, debido a los mayores rendimientos en el cultivo, pese a incrementos en los costos de producción.

**HE2.** La liberación de semillas de MAD *Bt* contribuirá a incrementar los excedentes de los productores, debido a mayores ingresos obtenidos por hectárea; y de los consumidores, quienes tendrán un producto de mayor calidad y menor presencia de agroquímicos. Es decir, se tendrá una mejora en el bienestar de los agentes económicos a largo plazo.

### **3.6. PROCEDIMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS**

#### **3.6.1. Modelo de presupuesto parcial e Índice de beneficio-costo marginal**

Para la demostración de la *Hipótesis Específica 1*, es decir, la estimación de rentabilidad *ex-ante* a corto plazo, se utilizó el Modelo de presupuesto parcial y el Índice de beneficio-costo marginal. Donde la hipótesis será aceptada cuando se compruebe que el valor del índice sea mayor a 1 en la mayoría de escenarios calculados por el software @Risk.

##### **a. Presupuesto parcial**

La utilidad del presupuesto parcial está relacionada a la evaluación de los beneficios y costos asociados con una variación o cambio tecnológico (Soha, 2014), enfocándose en las implicaciones del cambio previsto en una operación comercial, y compara beneficios y costos resultantes de implementar una nueva alternativa con respecto a la práctica actual o convencional (Herrera, *et al.*, 1994). Además, permite evaluar el impacto de dichos cambios o variaciones en el sistema de producción, en los ingresos netos del agricultor sin conocer todos los costos de producción.

El modelo presupuestario se denomina parcial porque se enfoca únicamente en los cambios o variaciones de ingresos y gastos resultados de la decisión de implementar una nueva alternativa. Por ello, todos los aspectos de costos agrícolas que no se modifiquen por la decisión, son considerados irrelevantes para el presupuesto y serán excluidos del análisis (Roth, 2002). Lo que permite evaluar el impacto de un cambio en el sistema de producción en los ingresos netos de un agricultor sin conocer los costos de producción en su totalidad.

De acuerdo a Soha (2014), podría prepararse un presupuesto parcial en las operaciones agrícolas para determinar el efecto sobre el beneficio neto del agricultor asociado a:

- Sustitución de la empresa agrícola inicialmente a cargo, por una alternativa, sin ningún cambio en la superficie agrícola.
- Cambios en el nivel de una tecnología (de tecnología baja a media, de tecnología media a alta, o viceversa).
- Cambiar una tecnología convencional a una diferente o alternativa.

Además, el autor señala los pasos involucrados en el presupuesto parcial:

1. Identificar los cambios propuestos. Los administradores de las fincas deben tener claro la justificación del por qué se está considerando realizar un cambio, y reconocer las posibles alternativas a la práctica actual (o convencional) que podría ayudar a alcanzar el resultado deseado.
2. Enumerar la información clave necesaria para el análisis. Implica la recopilación de información pertinente y necesaria de los beneficios y costos asociados con las alternativas propuestas. En este paso se incluirá información sobre aspectos como: costos, intereses, rendimientos, tiempos, ingresos, etc.
3. Identificar efectos positivos y negativos. El cambio a considerar dará lugar a variaciones, en los que se espera que algunos sean efectos positivos, y otros probablemente serán negativos. Ante ello, el presupuesto parcial tendrá como objetivo sopesar los efectos positivos del cambio propuesto (reducción o eliminación de ciertos costos, ingresos adicionales por la adopción de nuevas actividades, etc.) contra los efectos negativos de este (incremento en el costo por implementar nuevas actividades, reducción de los ingresos por el cese de la actividad actual).
4. Estimación del efecto neto. Una vez identificados y cuantificados los efectos positivos y negativos, la diferencia entre estos determinará el resultado. Si el cambio propuesto tiene

un efecto neto positivo, el cambio será considerado como superior al método actual, y se consideraría para su adopción. Caso contrario, será considerado inferior al método actual, y no se tomará en cuenta para su adopción. Por tanto, es la diferencia entre los efectos positivos y negativos lo que determina cómo las alternativas propuestas se comparan con el método actual.

Siguiendo a Horton (1982), existen costos fijos (no varían al adoptar un cambio tecnológico en la producción), costos variables (costos que sí varían ante cambios en las tecnologías de producción), y costos totales (Incluyen los costos en su totalidad: insumos, como las semillas de MAD, fertilizantes, insecticidas, mano de obra y capital. Los ingresos totales corresponden al valor de la cosecha del cultivo y el beneficio neto es la diferencia entre los ingresos totales y costos totales de producción Se determinará la variación de los beneficios netos ( $\Delta BT$ ), para decidir si adoptar o no una nueva tecnología, ello resulta de la diferencia entre el cambio en los ingresos totales ( $\Delta IT$ ) y el cambio de los costos totales ( $\Delta CT$ ):  $\Delta BT = \Delta IT - \Delta CT$

Los costos totales incluyen los costos fijos y variables; los costos fijos no presentan variación en el corto plazo, pero los costos variables cambian según la cantidad producida.

$$\Delta BT = \Delta IT - \Delta(CF + CV)$$

$$\Delta BT = \Delta IT - \Delta CF - \Delta CV$$

Horton (1982) enfatiza que, en el presupuesto parcial, los costos fijos son, por definición, los mismos a pesar de cambiar de tecnologías, ante ello, su variación será igual a cero ( $\Delta CF = 0$ ), por tanto, la variación de los beneficios netos en la producción agrícola se representa con:  $\Delta BT = \Delta IT - \Delta CV$

Cabe resaltar que se presentan tres principales criterios a aplicar en el presupuesto parcial:

1. Si el beneficio neto permanece igual o disminuye, la nueva tecnología en el cultivo, debe rechazarse, porque es menos rentable que la tecnología actual del agricultor.
2. Si el beneficio neto se incrementa y los costos variables permanecen iguales o disminuyen, se debe considerar aceptar la nueva tecnología productiva porque se demuestra una mayor rentabilidad para el agricultor.
3. Si se incrementan tanto el beneficio neto como los costos variables, se debe considerar el ratio o índice de beneficio-costos, cuya definición se plantea a mayor detalle en la siguiente sección. Cuanto mayor sea el incremento de los ingresos y el índice sea más elevado, la tecnología alternativa será considerada más económicamente atractiva para el agricultor.

Por tanto, el presente estudio utilizó un análisis presupuestario según Horton (1982), en el que se construyó un presupuesto esperado de producción del cultivo de MAD, a partir de los datos del escenario de partida simulados con el programa @Risk, y se compararon las variaciones asociadas a costos y mejoras en los rendimientos del cultivo ante la introducción de una nueva tecnología. Es decir, la comparación de beneficios y costos entre el uso de semillas convencionales y semillas tratadas con biotecnología en el cultivo de MAD en la costa norte peruana. Ante ello, el presupuesto parcial es considerado como un marco de planificación, y de gran importancia en la óptima toma de decisiones que se usa para comparar costos y beneficios de las distintas alternativas que enfrentan los agricultores. En la Tabla 9, se presentan los elementos o variables incluidos en el modelo de presupuesto parcial.

**Tabla 9: Elementos del modelo de presupuesto parcial**

| Variables<br>determinísticas | Variables<br>probabilísticas |                              |                                      |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Gastos en fertilizantes      | Variables de entrada         |                              | Variables de salida                  |
| Mecanización                 | Gasto en insecticidas        | Rendimiento del cultivo (Ha) | Incremento de margen de rentabilidad |
| Gastos en mano de obra       | específicos                  | Precio en chacra             | Índice de beneficio-costo marginal   |
| Agua y otros gastos          | Gasto en semillas            |                              |                                      |
| Gastos indirectos            |                              |                              |                                      |

**b. Índice beneficio-costo marginal**

Adicionalmente al cambio de beneficios netos, se plantea el criterio del índice beneficio-costo marginal, a partir de información brindada por el presupuesto parcial, cuya finalidad en la investigación es evaluar la viabilidad económica de la introducción de semillas de MAD genéticamente modificadas. De acuerdo a Horton (1982), el índice planteado es de utilidad para la evaluación económica de la adopción de una nueva tecnología de producción. El ratio o índice cuantifica el incremento de los ingresos ( $\Delta IT$ ) que genera cada unidad adicional de costos variables ( $\Delta CV$ ), a partir de una variación en la tecnología de producción.

$$B/C = \Delta IT / \Delta CV$$

En otras palabras, mide el rendimiento neto del capital adicional invertido en una nueva tecnología productiva, en comparación con la utilizada actualmente o convencionalmente por el agricultor, lo cual es expresado a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Índice } B/C \text{ marginal} = \frac{\sum \text{Nuevos Beneficios}}{\sum \text{Nuevos Costos}}$$

Siguiendo lo planteado por Herrera *et. al* (1994), se considera como nuevos beneficios a la suma de ingresos esperados obtenidos a partir de la mejora productiva por el uso de la semilla modificada genéticamente, como mayores volúmenes de producción y reducción de uso de plaguicidas; y los costos esperados abandonados, correspondientes al ya no hacer uso de la semilla de MAD convencional. Los nuevos costos son explicados por la suma de costos esperados asociados al nuevo proceso productivo, en los que anteriormente no se incurrían (costos por el uso de la nueva semilla); y los ingresos esperados que dejarán de percibir al abandonar el uso de la semilla convencional (Herrera *et. al*, 1994).

El índice beneficio – costo marginal podrá asumir valores menores, iguales o mayores a uno, lo cual define el criterio de decisión del proyecto de implementar la nueva tecnología agrícola. Así, el índice deberá tener un valor mayor a uno, para indicar que la nueva tecnología brindará mayor rentabilidad al agricultor de la costa norte peruana dedicado al cultivo de MAD. Si el valor es menor a uno, la innovación en semillas no será rentable y en lugar de proporcionar bienestar, el productor incurrirá en pérdidas en el cultivo de MAD. Además, en caso el valor del índice sea exactamente igual a uno, significará que la innovación en semillas planteada no incrementa ni disminuye significativamente el bienestar del productor, por tanto, este es indiferente o neutral. Las variables de precios de los insumos se tratarán como vectores que asumen una gama de valores a partir de la información del mercado (valores observados) y se clasifican según sus distribuciones de probabilidad. El software @Risk, incorpora cierto grado de riesgo o incertidumbre con el fin de obtener un enfoque más realista.

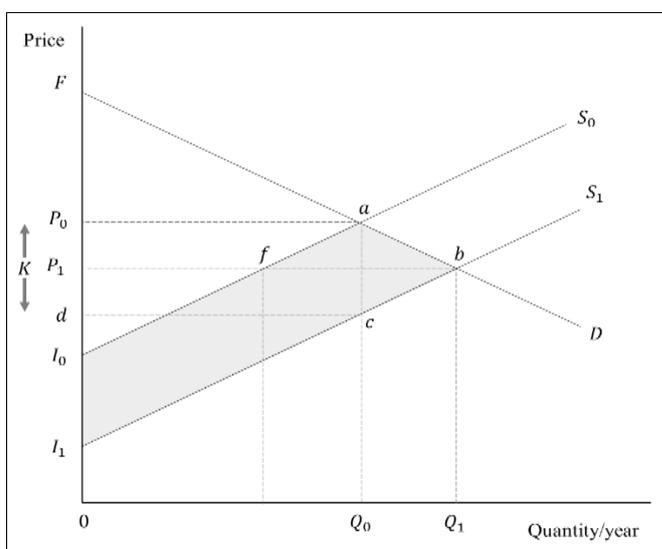
### **3.6.2. Modelo de cambio de excedentes económicos**

Para la demostración de la *Hipótesis Específica 2*, es decir, la estimación de rentabilidad *ex-ante* a largo plazo, se utilizó el Modelo de cambio de excedentes económicos. Donde la hipótesis será aceptada cuando se compruebe que los valores de los excedentes de los agentes económicos (consumidor, productor y social) sean positivos, en la mayoría de los escenarios calculados con el software @Risk, con ello se constata la eficiencia social de la de la inversión en semillas tratadas con biotecnología en el cultivo del maíz amarillo duro en la costa norte peruana. El modelo de excedentes económicos está basado en la idea que la investigación conduce a outputs, como nuevas tecnologías, y cuyo uso incrementará la producción agrícola anual, conllevando cambios en la curva de oferta y reducción del precio.

Desde un punto de vista social, es necesario conocer los efectos en el bienestar de la sociedad que tendrá la introducción de una nueva tecnología en el sector agrícola, ante ello, Alston et. al (1995) proponen un modelo que permitirá estimar los beneficios adicionales o excedentes económicos, descontados los costos adicionales, y cuantificar los beneficios relativos para los productores (agricultores) y consumidores (mercado).

Ante ello, se empleó el modelo de excedentes económicos de Alston *et al.* (1995), quien es citado por Falck- Zepeda (2010), y permitió evaluar la rentabilidad económica esperada para los agentes a partir de la libración de semillas tratadas con biotecnología en la producción de MAD. Algunos parámetros necesarios para la estimación de los beneficios económicos son el precio inicial, la producción del cultivo agrícola, la elasticidad precio de las funciones oferta y demanda, además el factor “K”, conocido como el efecto directo del cambio tecnológico en la curva de oferta, para cuyo valor se necesitan estimaciones del rendimiento por hectárea del cultivo a partir de datos experimentales o de campo (Ruane, 2014).

En esta investigación se presenta, de manera gráfica y algebraica, un modelo básico en una economía cerrada, donde dicho modelo es utilizado ampliamente en la evaluación de impactos de innovaciones tecnológicas, específicamente en proyectos de inversión del Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo, y se basa en supuestos simplificadores apropiados para los análisis (INIA/BID/MGAP, 2007). El modelo según Alston *et al.* (1995) se ve en la Figura 10.



**Figura 10: Modelo de excedentes económicos**

Fuente: Alston et. al (1995)

Donde  $S_0$  y  $D$  representan las curvas de oferta y demanda respectivamente, antes de un cambio tecnológico, como la liberación de semillas genéticamente modificadas. De manera inicial, el precio y la cantidad vienen dados por la intersección de las curvas de oferta y demanda en  $P_0$  y  $Q_0$ . Tal como se mencionó anteriormente, el cambio tecnológico presentará un efecto directo en la curva de oferta, y este conducirá a un ahorro de  $K$  por unidad en costos medios y marginales, desplazando la función inicial,  $S_0$ , a  $S_1$ . El cambio en la curva de oferta, a partir del cambio tecnológico, conducirá a un incremento de la producción y el consumo a  $Q_1$  ( $\Delta Q = Q_1 - Q_0$ ); y el precio caerá a  $P_1$  ( $\Delta P = P_1 - P_0$ ).

Al considerar como cambio tecnológico al cambio de semilla convencional a la genéticamente modificada, se tendrá que los consumidores se encontrarán en una mejor situación porque el uso de la nueva semilla permitirá un mayor consumo a un precio más bajo, la adquisición de un producto de mayor calidad y menor presencia de agroquímicos. Los consumidores se beneficiarán en una cantidad equivalente a su ahorro en costos sobre la cantidad original ( $Q_0 \times P$ ) adicionado a los beneficios netos del incremento en el consumo.

De manera gráfica, el impacto de la nueva tecnología sobre el excedente del consumidor será dado por el área  $P_0abP_1$ , y algebraicamente es representado por  $\Delta CS = P_0Q_0Z(1 + 0.5Z\eta)$ . Donde  $Z$  hace referencia a la reducción en el precio, y es expresado por  $Z = K\varepsilon/(\varepsilon + \eta)$ , así como  $K$  es el desplazamiento vertical de la función de oferta a la baja,  $\varepsilon$  y  $\eta$  son la elasticidad de la oferta y demanda respectivamente. Por otro lado, a pesar que los productores recibirán un precio por unidad productiva más bajo, presentarán mejoras en sus excedentes a partir del mayor rendimiento del cultivo y mayores ganancias (Alston *et. al*, 2000). Las ganancias del productor por unidad son mayores por el incremento de la ganancia sobre la cantidad original ( $Q_0 \times (K - \Delta P)$ ) más las ganancias obtenidas por la producción adicional. Gráficamente, el cambio sobre el excedente del productor estará dado por el área  $I_0fbI_1$  menos el área  $P_0afP_1$ , y algebraicamente representado por  $\Delta PS = P_0Q_0(K - Z)(1 + 0.5Z\eta)$ .

Por tanto, los beneficios anuales totales de la variación de la oferta,  $\Delta TS$ , a partir de la introducción de nuevas tecnologías serán igual al área debajo de la curva de la demanda, y entre las curvas de oferta  $S_0$  y  $S_1$  ( $I_0abI_1$ ); y representado por la suma de los cambios en el excedente del consumidor y del productor como  $\Delta TS = \Delta PS + \Delta CS = P_0Q_0K(1 + 0.5Z\eta)$ .

A continuación, se presenta un resumen de las ecuaciones utilizadas para el cálculo de los cambios del consumidor y productor nacional presentes en la investigación:

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

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

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

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

$$Z = \frac{K\varepsilon}{(\varepsilon + \eta)}$$

Donde:

$P_0$  = Precio en ausencia de innovación

$Q_0$  = Cantidad en ausencia de innovación.

$A$  = Tasa de adopción.

$D$  = Tasa de depreciación.

$\Delta CS$  = Variación en excedente del consumidor.

$\Delta PS$  = Variación en excedente del productor.

$\Delta TS$  = Variación en excedente total.

$C_0$  = Cantidad consumida en ausencia de innovación.

$K$  = Desplazamiento de la oferta.

$Z$  = Cambio de precios ante innovación tecnológica.

$\Delta Y$  =  $Y_{GM} - Y_{Convencional}$

$Y_{GM}$  = Rendimiento esperado con nueva semilla.

$Y_{Convencional}$  = Rendimiento con semilla convencional.

$\Delta C$  =  $C_{GM} - C_{Convencional}$

$C_{GM}$  = Costo de producción esperado con nueva semilla

$C_{Convencional}$  = Costo de producción con semilla sin innovación.

$\varepsilon_a$  = Elasticidad de oferta.

$\eta$  = Elasticidad de demanda.

$R$  = Probabilidad de éxito al usar la nueva semilla

En el estudio, las simulaciones del modelo de excedentes económicos se ejecutan en un horizonte de 16 años, donde el primer año es de inversión en investigación asociada a la introducción de semillas genéticamente modificadas.

Se consideran 8 años asociados a costos de transferencia de la nueva tecnología. Se usan las elasticidades de demanda y oferta del cultivo utilizadas por Tarazona (2016) y Mogollón (2015). La tasa de adopción se refiere a la manera en la cual se adaptan los agricultores a la nueva tecnología, y se toma la evolución de Rogers *et al.* (2003): parte de una tasa de adopción de 2.8% y crece de forma anual hasta adoptar una tasa del 80% en el cuarto año.

Se asume una tasa social de descuento del 8% y una probabilidad de éxito promedio para las innovaciones en agricultura del 85% (Varona, 2012). Asimismo, se constató la eficiencia social de la inversión en semillas tratadas con biotecnología en el cultivo del MAD en la costa norte peruana cuando se comprobó que el valor de los excedentes de los agentes económicos (consumidor, productor y social) fueron positivos, en la mayoría de los escenarios calculados con el software @Risk.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

#### 4.1.1. Rentabilidad *ex – ante* a corto plazo de la semilla de MAD *Bt*

Para la demostración de la *Hipótesis Específica 1*, es decir, para la estimación de los impactos económicos a corto plazo para los productores de maíz amarillo duro que generaría una hipotética liberación de semillas de MAD genéticamente modificadas con amplia resistencia a insectos, se consideraron variaciones en: (i) rendimiento del cultivo; (ii) gasto en semillas; y, (iii) gasto en insecticidas (Tarazona, 2016).

##### a. Modelo del presupuesto parcial

Se parte de los estadísticos expresados en la Tabla 10, basados en los costos productivos de Piura, Lambayeque y La Libertad. A continuación, se aplicaron las variaciones esperadas de las variables fundamentales ante la hipotética liberación de las semillas transgénicas, de acuerdo a al estudio de Tarazona (2016): incremento en los rendimientos esperados (15%), incremento en gastos de semillas (40%), y la reducción de gastos en insecticidas (50%).

**Tabla 10: Variación de variables fundamentales del cultivo de MAD *Bt***

| Variaciones                         | Mínimo | Máximo | Esperado |
|-------------------------------------|--------|--------|----------|
| Incremento rendimientos             | 0%     | 30%    | 15%      |
| Gasto en semilla                    | 10%    | 70%    | 40%      |
| Reducción del gasto en insecticidas | 0%     | 100%   | 50%      |

Fuente: Tarazona (2016)

Los datos presentados en la Tabla 11 hacen referencia a un modelo de presupuesto parcial de producción por hectárea, donde el rendimiento esperado inicial haciendo uso de semillas convencionales de MAD, cuyo valor ascendía a 9 toneladas por hectárea, de acuerdo a información brindada por las autoridades regionales, así como el precio promedio en chacra aproximado de S/ 0.81 por kg. Con ello se tenían ingresos esperados de S/ 7,260 por hectárea. Además, los costos esperados de producción ascendían a S/ 6,209.22 por hectárea; generando como margen de producción S/ 1,051 por hectárea, aproximadamente.

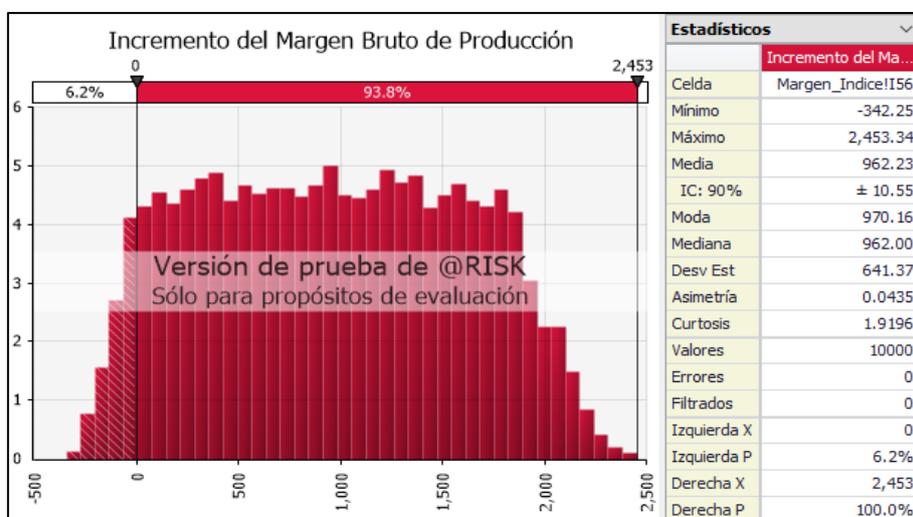
Ante una hipotética liberación de semillas modificadas genéticamente, el rendimiento esperado del cultivo se incrementará en 15%, cuyo valor ascenderá a 10.35 toneladas por hectárea, y estará vinculado al mismo precio promedio aproximado en chacra de S/ 0.81 por kilo. Con ello se tendrán como ingresos esperados S/ 8,349.00 por cada hectárea producida con la semilla tratada con biotecnología. Cabe resaltar que los costos productivos en los que se incurrirán serán de S/ 6,335.77, que representan un incremento en tan solo 2.04%, al compararlos con los costos de producción asociados al uso de semillas convencionales. Se considera dicho valor a consecuencia de los incrementos porcentuales de gastos en semillas y reducciones de costos por menor uso de agroquímicos (insecticidas específicos) en los cultivos. Por tanto, la implementación de la semilla genéticamente modificada de MAD generaría como resultado un nuevo margen de utilidad esperado de S/ 2,013.23 por hectárea; es decir S/ 962.45 adicionales, un incremento considerable del 91.59% comparado al obtenido con el uso de semillas convencionales (Tabla 11).

**Tabla 11: Presupuesto parcial por hectárea de MAD convencional y *Bt***

| <b>Rubros</b>                      | <b>Convencional</b> | <b>MAD <i>Bt</i></b> | <b>Incrementos</b> |
|------------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| Semilla                            | 462.00              | 646.80               | 40.00%             |
| Fertilizantes                      | 1,353.80            | 1,353.80             | 0.00%              |
| Insecticidas específicos           | 116.50              | 58.25                | -50.00%            |
| Insecticidas multipropósito        | 390.60              | 390.60               | 0.00%              |
| Mano de Obra                       | 2,396.00            | 2,196.25             | 0.00%              |
| Mecanización                       | 730.67              | 730.67               | 0.00%              |
| Agua                               | 189.67              | 189.67               | 0.00%              |
| Otros gastos                       | 134.00              | 134.00               | 0.00%              |
| <b>Costos directos</b>             | 5,573.23            | 5,899.78             | 2.19%              |
| <b>Costos indirectos</b>           | 435.99              | 435.99               | 0.00%              |
| <b>Costo total de producción</b>   | 6,092.32            | 6,218.87             | 2.04%              |
| Rendimiento (kg/ha)                | 9,000.00            | 10,350.00            | 15.00%             |
| Precio Promedio                    | 0.81                | 0.81                 | 0.00%              |
| <b>Ingreso total de producción</b> | 7,260.00            | 8,349.00             | 15.00%             |
| <b>Margen bruto de producción</b>  | 1,050.78            | 2,013.23             | <b>91.59%</b>      |

Al hacer uso del software @Risk, se podrá incorporar al modelo el riesgo generado por la propia naturaleza de la actividad agrícola, la que está vinculada en mayor medida a variaciones climatológicas que podrían favorecer o, en el peor de los casos, perjudicar los cultivos de MAD, con la finalidad de aportar a la toma de mejores decisiones en entornos tan variables como lo es el sector agrícola. Tal como se aprecia en la Figura 11, la probabilidad que el incremento del margen de utilidad, expresado en soles por hectárea, refleje valores positivos es del 93.8%.

Es decir, se tendrá una probabilidad del 93.8% que se presenten escenarios favorables para la exitosa adecuación en la zona de la semilla modificada genéticamente, cuyo uso podría generar hasta incrementos esperados de S/ 2,453.34 por hectárea, siendo el incremento promedio esperado de S/ 962.23. No obstante, el riesgo en el que incurre el productor de MAD sería de 6.2%, con pérdidas que podrían llegar a los S/ 342.25 por hectárea cultivada.



**Figura 11: Incremento del margen bruto de utilidad en soles del cultivo de MAD**

## b. Índice de beneficio-costo marginal

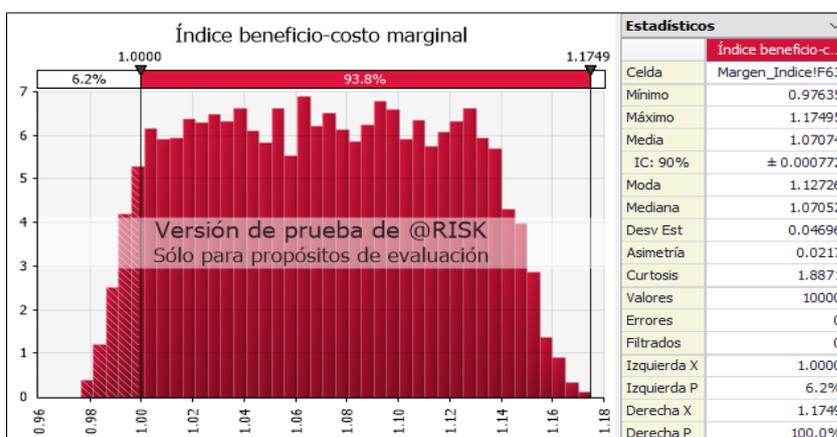
Para realizar el cálculo del índice de beneficio-costo marginal, se subdividieron los beneficios y costos, presentados en la Tabla 12. Los beneficios asociados a la semilla genéticamente modificada se subdividen en: (i) nuevos ingresos por uso de la semilla de MAD *Bt*, que ascienden a S/ 8,349.00; y (ii) costos abandonados, al dejar de utilizar la semilla convencional, con un valor esperado de S/ 6,092.32. En total, los beneficios calculados ascenderían al valor de S/ 14,441.32.

Por otro lado, se tendrán los costos en caso se usará la semilla genéticamente modificada, subdivididos en: (i) ingresos abandonados, ingresos que ya no se recibirán si se deja de utilizar las semillas convencionales, cuyo valor sería de S/ 7,260.00; y (ii) nuevos costos que tendría que afrontar el productor por usar semillas genéticamente modificadas, los que ascenderían a S/ 6,218.87. En total, los costos calculados en los que se incurrierían ascenderían a S/ 13,478.87. Seguidamente, se procedió al cálculo del índice de beneficio-costo marginal, el que se complementó con la simulación en torno al software @Risk, arrojando el valor promedio esperado de 1.07. Ello significa que, por cada 1 sol invertido en la nueva tecnología de semillas, el agricultor obtendrá 7 centavos de ganancia o ingreso adicional (Tabla 12).

**Tabla 12: Índice de beneficio–costo marginal**

| Concepto                                    |      | Valor (S/.) |
|---|------|-------------|
| <b>Beneficios</b>                           |      |             |
| Ingresos nuevos (semilla <i>Bt</i> )        |      | 8,349.00    |
| Costos abandonados (semilla convencional)   |      | 6,092.32    |
| Total beneficios                            |      | 14,441.32   |
| <b>Costos</b>                               |      |             |
| Ingresos abandonados (semilla convencional) |      | 7,260.00    |
| Costos nuevos (semilla <i>Bt</i> )          |      | 6,218.87    |
| Total costos                                |      | 13,478.87   |
| <b>Índice beneficio – costo marginal</b>    |      | <b>1.07</b> |
| Incremento del margen de producción         | (S/) | 962.45      |
| Incremento del margen de producción         | (%)  | 91.59%      |

Con el software @Risk se podrá apreciar la probabilidad que el índice beneficio-costo marginal presente un valor mayor a uno, indicando así que la nueva tecnología a aplicar en semillas brindará mayor rentabilidad a la inversión del agricultor de la costa norte peruana. Caso contrario, si el índice presentara un valor menor a uno, se tendría preferencia por mantener el uso de las semillas convencionales de MAD. De acuerdo con la Figura 12, existe una probabilidad del 93.8% que el productor obtendrá una mayor rentabilidad usando semillas MAD *Bt*. Además, señala que en caso el escenario sea el óptimo, se podría llegar a obtener como máximo un índice de 1.18, es decir, el agricultor podrá obtener como ganancia hasta 18 centavos por cada sol invertido. No obstante; se tendría un 6.2% de probabilidad de no rentabilidad del uso de semillas de MAD *Bt*, el productor incurriría en pérdidas en el cultivo, como el índice llegaría a un mínimo de 0.98, se tendrían pérdidas de 2 centavos por cada sol invertido en semillas tratadas genéticamente.



**Figura 12: Índice de beneficio-costo marginal**

#### 4.1.2. Rentabilidad *ex – ante* a largo plazo de la semilla de MAD Bt

##### a. Excedentes económicos

Para la demostración de la *Hipótesis Específica 2*, es decir, para la estimación del bienestar de los agentes económicos a partir de la libración de semillas tratadas con biotecnología de maíz amarillo duro, mediante un análisis a largo plazo, se empleó el modelo de excedentes económicos de Alston *et al.* (1995) complementado con el software @Risk, siguiendo estudios anteriores de Falck- Zepeda (2010), Varona (2012), Mogollón (2015), Tarazona (2016), y Maza (2020), cuyos criterios son los siguientes:

**Columna 1:** La elasticidad de la demanda es tomada del estudio realizado por Tarazona (2016): -0.798, en el modelo de Alston *et al.* (1995) se tomará el valor absoluto.

**Columna 2:** La elasticidad de la oferta es tomada del estudio de Tarazona (2016): 0.408

**Columna 3:** Cambio asociado al rendimiento esperado por el uso de la nueva semilla.

**Columna 4:** Cambio equivalente del rendimiento: resultado de la división del cambio de rendimiento esperado entre la elasticidad de la oferta (3/2).

**Columna 5:** Cambio de costos de insumos: variación de costos al cambiar la semilla convencional por una semilla tratada genéticamente.

**Columna 6:** Cambio equivalente de costos: resultado de la división del cambio de costos de insumos entre la diferencia de la elasticidad de demanda y el cambio de rendimiento esperado.

**Columna 7:** K potencial, o cambio neto de costos de insumo, muestra la variación de los costos de producción en caso se utilicen semillas tratadas genéticamente.

**Columna 8:** Probabilidad de éxito promedio, tomado del estudio de Diez *et al.* (2013) quienes asumen el valor de 85% para innovaciones tecnológicas en general.

**Columna 9:** La tasa de adopción está en base a la investigación de Rogers (2003): en el primer año la semilla será adoptada tan solo por 2.8% de los agricultores, considerados los innovadores arriesgados; al segundo año se tendría la adopción del 16% de los productores, al tercer año llegará al 50% y el cuarto año llegaría a un tope del 80% de los productores.

**Columna 10:** Tasa de depreciación, en el estudio no se considera la existencia de depreciación ni crecimiento externo por ser una tecnología.

**Columna 11:** Kmax, es el desplazamiento de la curva de oferta.

**Columna 12:** Z, cambio de precios por uso de semilla genéticamente tratada a partir del primer año.

**Columna 13:** Precio esperado del MAD al consumidor, por tonelada.

**Columna 14:** Cantidad, total de producción de MAD en la costa norte peruana al año 2019, según MINAGRI (2019).

**Columna 15:** Cambio del excedente del productor.

**Columna 16:** Cambio del excedente del consumidor.

**Columna 17:** Cambio del excedente social.

**Columna 18:** Costos de investigación asociados a la difusión de la semilla tratada genéticamente, tomando de referencia a Schiek *et al.* (2016), los costos oscilan entre medio millón y 5 millones de dólares, con un promedio esperado inferior a 3 millones de dólares, equivalente a 5,640,500.00 soles.

**Columna 19:** Costos de transferencia de tecnología, se consideran los costos por cada proceso descritos por Schiek *et al.* (2016). Proceso 1 (inversión inicial) de un total de US\$ 530,250 dividido en tres años; Proceso 2 (evaluación experimental en las localidades) de US\$ 396,412 dividido en dos años; Proceso 3 (proceso regulatorio) de US\$ 212,750 dividido en dos años; y Proceso 4 (Proceso de autorización) de US\$ 180,541 por un año.

### **Supuestos adicionales**

- Se considera una economía cerrada, de acuerdo a Falck Zepeda (2010).
- Para el cálculo del Valor Actual Neto – VAN, se considera una TSD del 8%, empleada por el Ministerio de Economía y Finanzas del Perú – MEF, para la evaluación de proyectos de inversión pública desarrollados dentro del país.

Las tablas de la 13 a la 17 corresponden al análisis de excedentes sociales a largo plazo por uso de una nueva tecnología en semillas en el cultivo de MAD. En las Tablas se colocan puntos suspensivos en las filas donde se repiten los valores.

**Tabla 13: Elasticidades y cambios en el rendimiento por uso de nueva tecnología**

| Año  | Elasticidad de la Demanda (1) | Elasticidad de la Oferta (2) | Cambio en el rendimiento (3) |
|------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 2022 |                               |                              |                              |
| 2023 | 0.798                         | 0.408                        | 0.15                         |
| 2024 | 0.798                         | 0.408                        | 0.15                         |
| 2025 | 0.798                         | 0.408                        | 0.15                         |
| .    | .                             | .                            | .                            |
| .    | .                             | .                            | .                            |
| .    | .                             | .                            | .                            |
| 2036 | 0.798                         | 0.408                        | 0.15                         |
| 2037 | 0.798                         | 0.408                        | 0.15                         |
| 2038 | 0.798                         | 0.408                        | 0.15                         |

Mediante la proyección de los parámetros en una hoja de cálculo de Excel complementado con el software @Risk, en un escenario que considera el riesgo propio del cultivo, se consiguieron los resultados de los excedentes de los productores, consumidores y sociales, además de los beneficios netos obtenidos por el cambio de la semilla convencional a una tratada con biotecnología en el cultivo de MAD.

**Tabla 14: Cambio equivalente del rendimiento y costos por uso de nueva tecnología**

| Año  | Cambio equivalente del rendimiento (4 = 3/2) | Cambio de costos de insumos (5) | Cambio equivalente de costos 6 = 5 / (1 - 3) |
|------|--|---------------------------------|--|
| 2022 |  |                                 |  |
| 2023 | 0.368  | 0.022                           | 0.019  |
| .    | .  | .                               | .  |
| .    | .  | .                               | .  |
| .    | .  | .                               | .  |
| 2038 | 0.368  | 0.022                           | 0.019  |

**Tabla 15: Cambio de costos de insumos, probabilidad de éxito, tasa de adopción, depreciación y K<sub>máx</sub>**

| Año  | Cambio neto costos de insumos (K potencial) (7 = 4 - 6) | Probabilidad de éxito (8) | Tasa de adopción (9) | Tasa de depreciación (10) | K <sub>max</sub> 11 = (7*8*9*10) |
|------|---|---------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------------------|
| 2022 |   |                           |                      |                           |                                  |
| 2023 | 0.349   | 0.85                      | 0.028                | 1                         | 0.008                            |
| 2024 | 0.349   | 0.85                      | 0.16                 | 1                         | 0.047                            |
| 2025 | 0.349   | 0.85                      | 0.5                  | 1                         | 0.148                            |
| 2026 | 0.349   | 0.85                      | 0.8                  | 1                         | 0.237                            |
| .    | .   | .                         | .                    | .                         | .                                |
| .    | .   | .                         | .                    | .                         | .                                |
| .    | .   | .                         | .                    | .                         | .                                |
| 2038 | 0.349   | 0.85                      | 0.8                  | 1                         | 0.237                            |

**Tabla 16: Z, precio por tonelada y producción por uso de nueva tecnología**

| <b>Año</b> | <b>Z</b><br><b>12 = [11*2/(1+2)]</b> | <b>Precio (S/tonelada)</b><br><b>13</b> | <b>Producción(toneladas)</b><br><b>14</b> |
|------------|--------------------------------------|---|---|
| 2022       |                                      |   |   |
| 2023       | 0.003                                | 806.67                                  | 266,666                                   |
| 2024       | 0.016                                | 806.67                                  | 266,666                                   |
| 2025       | 0.050                                | 806.67                                  | 266,666                                   |
| 2026       | 0.080                                | 806.67                                  | 266,666                                   |
| .          | .                                    | .                                       | .   |
| .          | .                                    | .                                       | .   |
| .          | .                                    | .                                       | .   |
| 2038       | 0.080                                | 806.67                                  | 266,666                                   |

**Tabla 17: Cambios en los excedentes de los agentes económicos**

| <b>Año</b> | <b>Cambio Excedente del Productor</b><br><b>15 = (11-12)*13*14*</b><br><b>(1.0+0.5*12*1)</b> | <b>Cambio Excedente del Consumidor</b><br><b>16 = 13*14*12*</b><br><b>(1.0+0.5*12*1)</b> | <b>Cambio Excedente Social</b><br><b>17 = 15 + 16</b> |
|------------|--|--|---|
| 2022       |  |  |   |
| 2023       | 1,182,198.56   | 604,432.35   | 1,786,630.91  |
| 2024       | 6,791,045.35   | 3,472,113.41   | 10,263,158.76   |
| 2025       | 21,508,771.01  | 10,996,965.63  | 32,505,736.65   |
| 2026       | 34,818,863.23  | 17,802,125.56  | 52,620,988.79   |
| 2027       | 34,818,863.23  | 17,802,125.56  | 52,620,988.79   |
| .          | .  | .  | .   |
| .          | .  | .  | .   |
| .          | .  | .  | .   |
| 2038       | 34,818,863.23  | 17,802,125.56  | 52,620,988.79   |

En el modelo de excedentes económicos se obtuvo que los consumidores se verían beneficiados, tal como demuestra la Tabla 17 (Columna 16) donde presenta incrementos esperados en sus excedentes de 604 mil soles a más de 17 millones de soles, al año 16 de haber iniciado con la liberación de semillas *Bt*. Cabe señalar que el modelo tiene como supuesto que, al final del periodo de evaluación, un 80% de agricultores adoptará la nueva semilla, mas no la totalidad de ellos.

De igual manera, se calcularon los incrementos esperados en los excedentes de los productores, los cuales ascienden de 1 millón de soles a más de 34 millones de soles aproximadamente al final del periodo de evaluación (Columna 15).

Por tanto, en el plazo de 16 años, se esperaría que el excedente social aumente de 1.8 millones de soles en el año 2023, a aproximadamente 52.6 millones de soles al 2038 (Columna 17). Además, se tiene que al 2038 el excedente social se distribuirá entre los productores en 66%, y los consumidores que obtendrán 33%.

**Tabla 18: Inversión en investigación, transferencia y beneficios netos**

| <b>Año</b> | <b>Costos de investigación<br/>18</b> | <b>Costos de transferencia<br/>19</b> | <b>Beneficios netos<br/>20 = 17 - 18 - 19</b> |
|------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
| 2022       | 5,640,500.00                          |                                       | -5,640,500.00                                 |
| 2023       |                                       | 1,375,115.00                          | 411,515.91                                    |
| 2024       |                                       | 1,375,115.00                          | 8,888,043.76                                  |
| 2025       |                                       | 1,375,115.00                          | 31,130,621.65                                 |
| 2026       |                                       | 771,021.34                            | 51,849,967.45                                 |
| 2027       | -                                     | 771,021.34                            | 51,849,967.45                                 |
| 2028       | -                                     | 413,798.75                            | 52,207,190.04                                 |
| 2029       | -                                     | 413,798.75                            | 52,207,190.04                                 |
| 2030       | -                                     | 702,304.49                            | 51,918,684.30                                 |
| 2031       | -                                     | -                                     | 52,620,988.79                                 |
| 2032       | -                                     | -                                     | 52,620,988.79                                 |
| 2033       | -                                     | -                                     | 52,620,988.79                                 |
| 2034       | -                                     | -                                     | 52,620,988.79                                 |
| 2035       | -                                     | -                                     | 52,620,988.79                                 |
| 2036       | -                                     | -                                     | 52,620,988.79                                 |
| 2037       | -                                     | -                                     | 52,620,988.79                                 |
| 2038       | -                                     | -                                     | 52,620,988.79                                 |

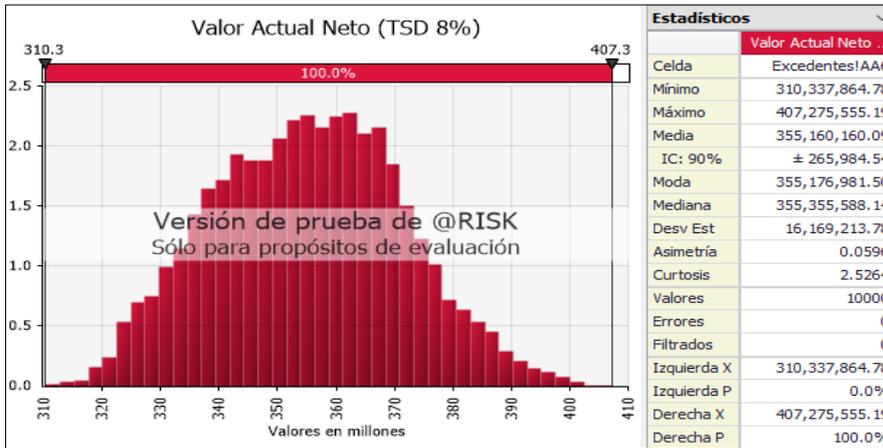
En la Tabla 18 (Columna 20) se obtuvieron los beneficios netos como resultado de la diferencia entre el excedente social y los costos investigación y transferencia. Se puede apreciar que pese a pérdidas en el primer año de liberada la innovación en semilla, los años siguientes se obtienen beneficios crecientes progresivamente, obteniendo al 2038 más de 52 millones de soles.

La Tabla 19 hace referencia a los cálculos de rentabilidad a nivel gubernamental, donde el Valor Actual Neto (VAN), a una TSD del 8%, se aproxima a S/ 355 millones; y en caso se presente incrementos sustanciales en el riesgo y la TSD suba al 20%, el VAN se aproximará a S/ 156 millones. Además, la tasa interna de retorno (TIR) cuyo resultado es de 152.02%, supera la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión (TSD 8%), indicando que la hipotética liberación de las semillas genéticamente modificadas será rentable a largo plazo.

**Tabla 19: Resultados del modelo de cambio de excedentes con semillas de MAD Bt**

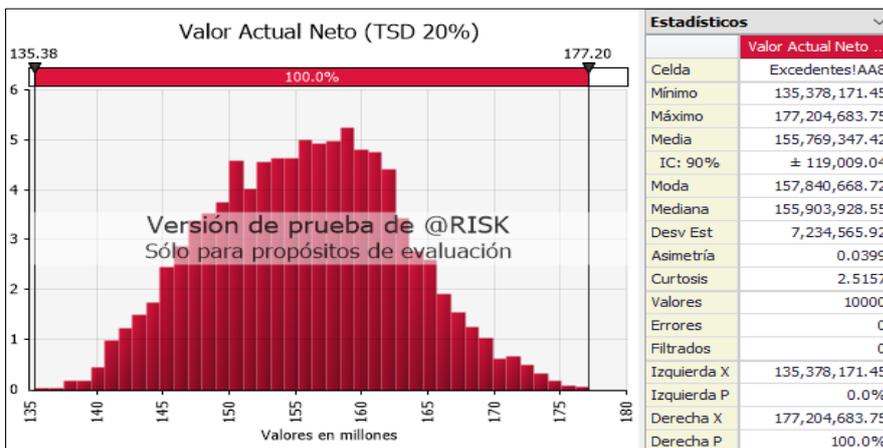
| <b>Impactos económicos</b>         | <b>Valores</b>     |
|------------------------------------|--------------------|
| Valor Actual Neto (TSD 8%)         | S/. 355,258,382.65 |
| Valor Actual Neto (TSD 20%)        | S/. 155,820,020.88 |
| Tasa Interna de Retorno            | 152.02%            |
| Cambio del Excedente de Consumidor | S/. 114,887,387.87 |
| Cambio de Excedente de Productor   | S/. 224,706,214.52 |
| Cambio de Excedente Social         | S/. 339,593,602.39 |

La Figura 13 representa los parámetros que podrán llegar a tomar los valores del VAN a una tasa de 8%, producto de realizar un análisis de riesgo del cultivo. Cabe resaltar que, en todos los escenarios planteados por el software @Risk, el VAN esperado presentará valores positivos en el 100% de los escenarios, siendo el valor medio esperado de S/ 355 millones. Además, con @Risk, el VAN al 8% presentará un intervalo de valores que parten de un mínimo de S/ 310 millones, en el peor de los casos, hasta un máximo esperado de S/ 407 millones si los escenarios fueran los óptimos.



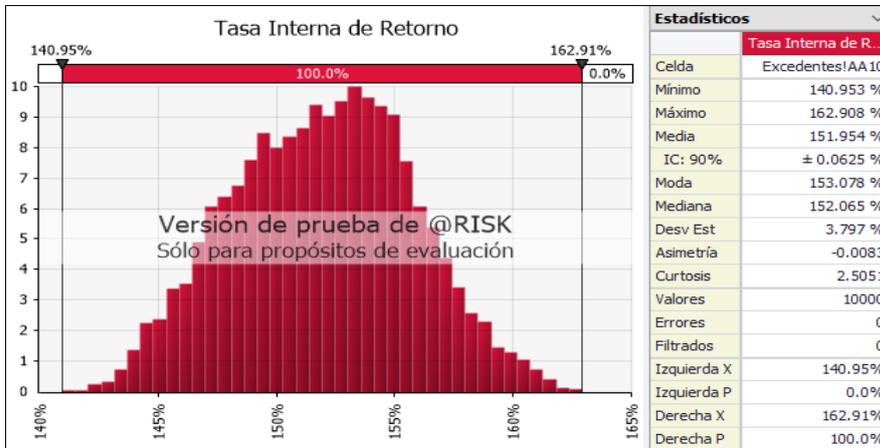
**Figura 13: Valor Actual Neto de MAD Bt (TSD 8%)**

En caso de incrementos sustanciales de riesgo o factores relacionados a nivel nacional o internacional, se deberá calcular el VAN esperado a una TSD de, por ejemplo, 20%. Los resultados de la Figura 14 indican que, a pesar de desarrollarse un contexto altamente riesgoso a nivel nacional o internacional, aún seguirían presentándose escenarios considerados favorables para el desarrollo de la inversión en semillas Bt. El nuevo VAN llegaría a valores de aproximadamente S/ 177 millones, y en el peor de los casos aún obtendría una ganancia de S/ 135 millones al final del periodo.



**Figura 14: Valor Actual Neto de MAD Bt (TSD 20%)**

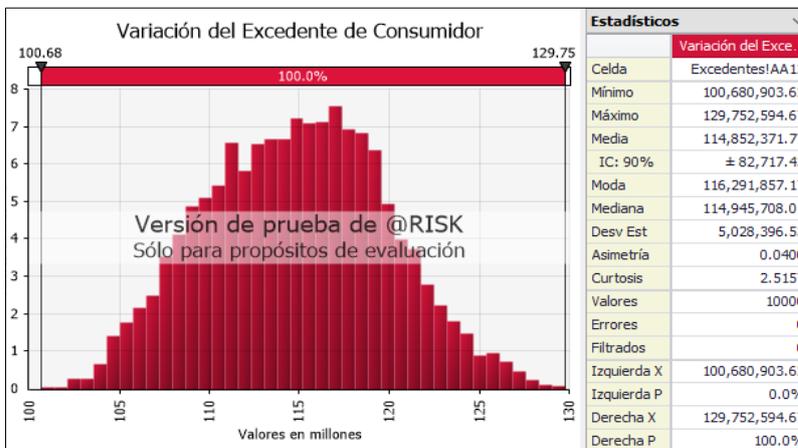
La Figura 15 muestra el intervalo de valores esperados que presentaría la TIR, a una tasa social de descuento del 8%, demostrando así la rentabilidad de la inversión realizada al final del periodo. Se demuestra que, en un entorno de riesgo, la TIR esperada será positiva en 100% de los escenarios, con un mínimo valor esperado de 141%, un máximo de 162%.



**Figura 15: Tasa Interna de Retorno de MAD Bt.**

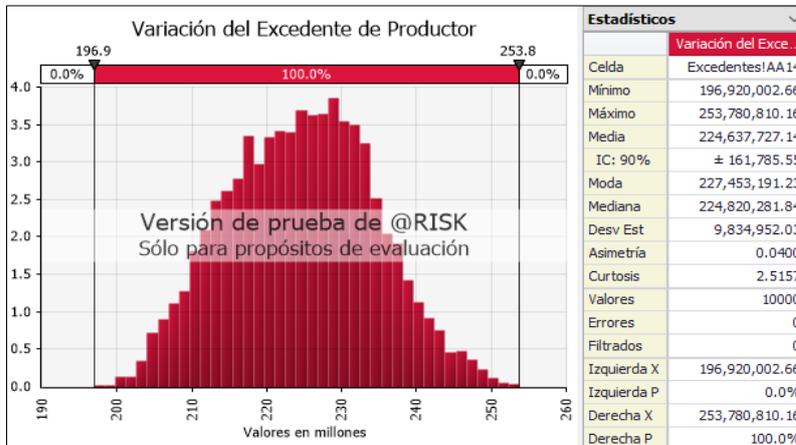
Respecto a los agentes económicos, la Figura 16 indica que existen altas probabilidades, en 100% de los escenarios, que los consumidores se vean beneficiados debido a la mayor oferta de maíz amarillo duro presente en el mercado nacional, lo que, a largo plazo, evidenciará una disminución en los precios.

El valor esperado que podría presentar la variación del excedente del consumidor oscilará entre los S/ 101 millones como mínimo, en caso se presenten escenarios poco satisfactorios, hasta un valor máximo esperado de S/ 130 millones, ante escenarios óptimos, con un valor medio que alcanzará los S/ 115 millones.



**Figura 16: Variación del Excedente de consumidor de MAD Bt**

De igual manera, se calculan los parámetros esperados de la variación del excedente del productor, siendo positivo en el 100% de los escenarios, representaría las potencialidades que podrá llegar a obtener el productor de la costa norte al usar semillas *Bt*, pues el valor de la variación oscilaría entre los S/ 197 millones como mínimo, en caso se presenten escenarios poco satisfactorios, hasta un máximo esperado de S/ 254 millones, ante escenarios óptimos, con un valor medio que alcanza los S/ 225 millones (Figura 17).



**Figura 17: Variación del Excedente de productor de MAD Bt**

Finalmente, la Figura 18 señala que las variaciones del excedente social en el periodo de 16 años presentarían resultados positivos en 100% de los escenarios, cuyo valor esperado medio será de S/ 340 millones. Si se presentaran escenarios negativos, el valor esperado de la variación del excedente será como mínimo S/ 298 millones; y en caso de escenarios positivos, alcanzará los S/ 384 millones. Por tanto, en caso se presentasen escenarios positivos o negativos, a consecuencia de aspectos de índole climatológica u otros, los agentes económicos verán mejoras en sus niveles de bienestar por el cambio de semilla convencional a semilla mejorada genéticamente, para los consumidores y productores.



**Figura 18: Variación del Excedente social de MAD Bt**

## **4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **4.2.1. Evaluación de la rentabilidad *ex – ante* a corto plazo**

- a. De manera inicial el productor incurrirá en un incremento del 2% en los costos de producción por hectárea de MAD, que serán compensados por los mayores rendimientos esperados del cultivo, incrementando el margen de utilidad promedio esperado en S/ 962.45 por hectárea, un incremento del 91.59% comparado al obtenido con semillas convencionales. El productor presentará un índice de beneficio-costo marginal esperado promedio de 1.07, lo que representa 7 centavos de ganancia por cada sol invertido en la nueva tecnología. Por tanto, se manifiestan las potencialidades del uso de semillas genéticamente modificadas y se prevé, en un 93.8%, que su uso sea económicamente rentable a corto plazo para los agricultores de la costa norte peruana.
- b. Los resultados se asemejan a los de autores que estudiaron la potencialidad de semillas genéticamente modificadas en el Perú, como Diez *et al.* (2018), quienes demuestran, mediante un análisis de presupuesto parcial en un entorno de riesgo, la conveniencia y viabilidad de emplear las semillas de MAD *Bt* a nivel nacional, con expectativas de incrementar en promedio un 76% su rentabilidad a corto plazo. Cifras comparables a las reportadas por Abad (2014) quien obtiene incrementos en la rentabilidad *ex ante* de con el uso de semillas de MAD *Bt*, de hasta un máximo del 90% respecto a la rentabilidad de la semilla convencional.

### **4.2.2. Evaluación de la rentabilidad *ex – ante* a largo plazo**

- a. El modelo de cambio de excedentes económicos evidencia incrementos en los excedentes de los agentes económicos al liberar semillas de MAD genéticamente modificado: los productores se verán beneficiados, con incrementos esperados de sus excedentes en S/ 225 millones por mejoras en la rentabilidad por hectárea por sus cultivos, los consumidores se beneficiarán al incrementar sus excedentes esperados en S/ 115 millones, con la obtención de productos de mayor calidad por menos agroquímicos incorporados en el cultivo. Ello resulta en incrementos de los excedentes de la sociedad, específicamente la población de la costa norte vinculada al cultivo de MAD, cuyo valor esperado aproximado a S/ 340 millones.

- b. A nivel gubernamental, con una tasa social de descuento de 8%, se logrará un VAN esperado mayor a S/ 355 millones, con 100% de escenarios positivos; y una Tasa Interna de Retorno esperada de 152%, superior a la tasa de descuento, con manifiesta rentabilidad a largo plazo de la inversión en la nueva tecnología de semillas de MAD.
- c. Los resultados se asemejan a estudios previos sobre el impacto socio-económico que tendrá el uso de semillas genéticamente modificadas de MAD en diversos contextos, como en el caso de Mogollón (2015), donde el uso de semillas de MAD*Bt* impactará positivamente en el incremento del bienestar de la sociedad en S/ 1 millón al décimo año de adopción de la tecnología; al estudio de Reyna (2018), de pequeños productores en Ecuador, con incrementos en excedente de bienestar para consumidores y productores de MAD al adoptar la nueva tecnología en semillas superarán los \$ 18 millones, y, Macall y Smyth (2020) reafirman las potencialidades socio-económicas de la adopción de MAD *Bt* en El Salvador, donde se tienen expectativas positivas respecto al incremento de excedente social, el que alcanzará un equivalente a \$ 848,482.

## V. CONCLUSIONES

- A corto plazo, el uso de semillas genéticamente modificadas de maíz amarillo duro *Bt* generará impactos económicos positivos para el productor de la costa norte del Perú, que se ven reflejados en el incremento del margen de utilidad del cultivo en 91.59% por hectárea producida, con respecto al uso de semillas convencionales.
- Mediante el índice de beneficio-costo marginal, cuyo valor de 1.07 representa la ganancia de 7 centavos por cada sol invertido en la nueva tecnología de semilla, se confirma el uso de biotecnología en semillas en la producción de maíz amarillo duro como económicamente rentable a corto plazo para el productor de la costa norte peruana.
- A largo plazo, se obtuvo que, con el uso de las semillas modificadas con biotecnología dotadas de un potencial de mayor rendimiento, se tendrán beneficios positivos tanto para los consumidores, productores y la sociedad en su conjunto. Donde los consumidores se verían beneficiados por la mayor oferta presentada de maíz amarillo duro de mayor calidad y menor presencia de agroquímicos; mientras que los productores incrementarán sus beneficios ante la mejora en la rentabilidad por hectárea obtenida en el cultivo ubicado en la costa norte peruana.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Es de carácter indispensable usar evidencia científica de investigaciones complementarias, programas y Proyectos Especiales vinculados a la liberación y manejo de semillas genéticamente modificadas en el cultivo de maíz amarillo duro, tanto en el ámbito ambiental, económico, político y sanitario, con el fin de generar las capacidades necesarias para analizar las potencialidades y riesgos de la nueva tecnología de semillas en el territorio nacional, con el apoyo del Ministerio del Ambiente (MINAM), Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI); así como el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) como entes reguladores para el monitoreo de la evolución de cultivos.
- La implementación de semillas con biotecnología tiene las potencialidades para ser una importante herramienta y lograr niveles más elevados de rendimiento económico que beneficien a los productores del sector agrícola, particularmente del maíz amarillo duro, asimismo, se recomienda la concientización de las potencialidades de los cultivos de carácter transgénico en el país.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, R. 2014. Rentabilidad del maíz Bt resistente a cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en los valles de Barranca en la región Lima. Tesis para optar el título de Economista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
- Agricultural Biotechnology Glossary. USDA. Recuperado 11 de septiembre de 2020, de <https://www.usda.gov/topics/biotechnology/biotechnology-glossary>
- Alston, J; Norton, G.; & Pardey, P. 1995. *Science under scarcity: Principles and practice for agricultural research evaluation and priority setting*. Wallingford: CAB International.
- Alston, J; Chan-Kang, C; Marra, M; Pardey, P; & Wyatt, TJ. 2000. *A meta-analysis of rates of return to agricultural R & D: ex pede Herculem?*. Research reports 113. International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- Ardisana, E.; Gaínza, B; Torres, A.; Fosado, O.; & León, R. 2019. Alimentos Transgénicos: ¿Sí o No? La Perspectiva Sudamericana. *Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades*, (8), 148-157.
- ArgenBio. 2016. Veinte años de Cultivos Genéticamente Modificados en la Agricultura Argentina. Recuperado de: <http://www.argenbio.org/component/jdownloads/?task=download.send&id=87&catid=3&m=0&Itemid=101>
- Bergantini, F.; Seiko, M.; & Grizotto, R. 2014. *Rentabilidade e risco da produção de milho safrinha geneticamente modificado e convencional na região de Guaíra/Sp. Energia na Agricultura*, 29(1), 64. Disponible en: <https://doi.org/10.17224/energagric.2014v29n1p64-75>
- Bonabana, J.; Mugonola, B.; Ajibo, S.; Kirinya, J.; Kato, E.; Kalibwani, R.; Kasenge, V.; Nyamwaro, S.; Tumwesigye, S.; Chiuri, W.; Mugabo, J.; Fungo, B.; & Tenywa, M. 2013. *Agricultural profitability and technical efficiency: the case of pineapple and potato in SW Uganda*. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*. 8(3): 145-159.

- Braúl, W.; & Diez, R. 2017. Efectos socioeconómicos de la liberación del cultivar “INIA 616 Ucayali” de maíz amarillo duro (*Zea mays*) en Ucayali. Revista de Investigación. Universidad Privada de Pucallpa. DOI: <https://doi.org/10.37292/riccva.v2i02.54>
- Brookes, G.; & Barfoot, P. 2017. *GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996 – 2015*. Dorchester, UK. Recuperado de <https://www.pgeconomics.co.uk/pdf/2017globalimpactstudy.pdf>
- Brookes, G. 2019. *Twenty-one years of using insect resistant (GM) maize in Spain and Portugal: farm-level economic and environmental contributions*. GM Crops & Food, 1–12. doi:10.1080/21645698.2019.1614393
- Brookes, G. 2020. *Genetically modified (GM) crop use in Colombia: farm level economic and environmental contributions*. GM Crops & Food, 1–14. doi:10.1080/21645698.2020.1715156
- Castro, H. 1991. Métodos y modelos para priorizar la investigación agropecuaria. IICA, Turrialba, CRI.
- CEPAL. 2019. Perspectivas del Comercio Internacional de América Latina y el Caribe. El adverso contexto mundial profundiza el rezago de la región. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. LC/PUB.2019/20-P. Santiago.
- Chaparro, A. 2011. Cultivos Transgénicos: Entre los riesgos biológicos y los beneficios ambientales y económicos. Acta Biológica Colombiana. Vol. 16, 3. pp. 231-251. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Bogotá, Colombia. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319027888016.pdf>
- Chura, J.; & Tejada, J. 2014. Comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de la Molina, Perú, IDESIA, 32(1), 113-118. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000100014>
- CIMMYT. 1988. La Formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos. Un Manual Metodológico de Evaluación Económica. CIMMYT. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México D.F. ISBN 968-6127-24-0.

- Colman, D.; & Young, T. 1989. *Principles of Agricultural Economics: Markets and Prices in Less Developed Countries*. Cambridge University Press.
- Decreto Supremo N° 008-2012-MINAM. Ministerio del Ambiente. Por la cual se aprueba el Reglamento de la Ley que establece la Moratoria al Ingreso y Producción de Organismos Vivos Modificados al Territorio Nacional por un período de 10 años. 14 de noviembre de 2012. Recuperado de: [https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds\\_008-2012-minam.pdf](https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_008-2012-minam.pdf)
- Diez, R.; Gómez, R.; & Linares, A. 2018. Rentabilidad de la innovación genética en maíz amarillo duro (*Zea mays L. var indurata*) y papa blanca (*Solanum tuberosum*) en el Perú. Enfoque, (2), 43-74. Recuperado de <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/ulima/5818?locale-attribute=en>
- Einstein-Curtis, A. 2020. *USDA: US corn prices weaken following coronavirus spread*. Feed Navigator. Recuperado de <https://www.feednavigator.com/Article/2020/03/11/USDA-US-corn-prices-weaken-following-coronavirus-spread>
- Estévez, A. 2016. Costos Estimados de Producción de Cultivos Agrícolas y Productos Pecuarios. Ministerio de Agricultura. Viceministerio de Planificación Sectorial Agropecuaria. Departamento de Economía Agropecuaria. Santo Domingo. República Dominicana.
- Falck-Zepeda, J. 2010. *Socio - Economic Impact Assessments and Biotechnology: The Experience to Date*. IFPRI, New York.
- FAO. 2016. Manual de Estadísticas sobre Costos de Producción Agrícola. Lineamientos para la Recolección, Compilación y Difusión de Datos. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ca6411es/ca6411es.pdf>
- FAO. 2019. FAOSTAT – base de datos de cultivos. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- FAO. 2021. Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales. Situación Alimentaria Mundial. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>

- Feldman, A.; & Serrano, R. 2006. *Welfare Economics and Social Choice Theory*. 2nd Edition, Springer, New York. 10.1007/0-387-29368-X.
- García-Lara, S.; & Serna-Saldivar, S. O. 2019. *Corn History and Culture*. Corn, 1–18. doi:10.1016/b978-0-12-811971-6.00001-2
- Garforth, K. 2004. *Socio-Economic Considerations in Biosafety Decision-Making: An International Sustainable Development Law Perspective*. CISDL Working Paper prepared for the World Conservation Union – International Development Research Center Meeting on Biosafety, Colombo, Sri Lanka, October 12-14.
- Gestión. 2019. Participación de EE.UU. como destino de las exportaciones peruanas cae 11.7%, su punto más bajo en más de 30 años. Gestión. Economía. Disponible en <https://gestion.pe/economia/comercio-entre-peru-y-estados-unidos-se-debilita-advierte-comex-noticia/>
- Gómez, R.; Diez, R.; Anderson, M.; & López, P. 2021. Riesgo en la agricultura. El caso de la papa (*Solanum tuberosum*) en Perú. *Anales Científicos*. 82(2):279-287. <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v82i2.1790>
- Guillén, L. 2014. Rentabilidad de papa cisgénica versus convencional en Huasahuasi. *Anales Científicos*, 75 (2): 300-309. ISSN 0255-0407 (Versión impresa). ISSN 2519-7398 (Versión electrónica). Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v75i2.967>
- Harberger, A. 1971. *Three Basic Postulates for Applied Welfare Economics: An Interpretive Essay*. *Journal of Economic Literature*, 9(3), 785-797. Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/2720975>
- Herrera, F.; Velasco, C.; Denen, H.; & Radulovich, R. 1994. Fundamentos de análisis económico. Guía para Investigación y Extensión Rural. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. Informe Técnico N° 232. ISBN 9977-57-178-3. Costa Rica.
- Himma, I.; Ristsoo, E.; & Tekkel, A. 2010. *Profitability of Agricultural Production*. *Statistics Estonia*. Quarterly Bulletin of Statistics Estonia.

- Hirtzer, M. 2019. *Hot or not? Corn Traders Get Whipsawed Trying to Predict Weather*. Markets. Bloomberg. Recuperado de <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-07-19/hot-or-not-corn-traders-get-whipsawed-trying-to-predict-weather>
- Horton, D. 1982. *Partial Budget Analysis for On-Farm Potato Research*. Technical Information Bulletin 16. International Potato Center, Lima, Peru, pp. 1–17.
- Huffman, W.; Jin, Y.; & Xu, Z. 2018. *The economic impacts of technology and climate change: New evidence from U.S. corn yields*. *Agricultural Economics*, 49(4), 463–479. doi:10.1111/agec.12429
- INIA/BID/MGAP. 2007. *Evaluación de los Resultados e Impactos del Proyecto BID-MGAP/INIA*. Antonio Flavio Dias Avila (Consultor). Montevideo. Uruguay. ISBN 978-9974-38-241-1.
- INIA. 2009. *Gestión del Riesgo Agropecuario*. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Boletín N° 186. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán. Chile. ISSN 0717-4829. Disponible en <https://www.puntoganadero.cl/imagenes/upload/5cc08354b401b.pdf>
- INIA. 2017. *Maíz amarillo duro INIA 609 Naylamp Híbrido triple*. Estación Experimental Agraria. Vista Florida. Chiclayo.
- ISAAA. 2017. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years*. ISAAA Brief No. 53. ISAAA: Ithaca, NY. Recuperado de <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/53/download/isaaa-brief-53-2017.pdf>
- IV CENAGRO. 2012. *Censo Nacional Agropecuario 2012*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú.
- Kostandini, G.; La Rovere, R.; & Guo, Z. 2015. *Ex Ante Welfare Analysis of Technological Change: The Case of Nitrogen Efficient Maize for African Soils*. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue Canadienne D'agroeconomie*, 64(1), 147–168. doi:10.1111/cjag.12067
- Landsburg, S. 2001. *Teoría de los precios con aplicaciones*. 4ª ed. México: Thomson Learning.

- Leddy, P. 2014. Análisis del riesgo de inversión de un proyecto de exploración de vetas angostas de oro. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/132147>
- Ley N° 29811. Diario Oficial El Peruano. Lima. Perú. 9 de diciembre de 2011. Recuperado de [https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/ExpVirPal/Normas\\_Legales/29811-LEY.pdf](https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/ExpVirPal/Normas_Legales/29811-LEY.pdf)
- Ley N° 31111. Diario Oficial El Peruano. Lima. Perú. 6 de enero de 2021. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/ley-que-modifica-la-ley-29811-ley-que-establece-la-moratori-ley-n-31111-1917468-1>
- Macall, D.; & Smyth, S. 2020. *Ex-ante impact assessment of GM maize adoption in El Salvador*. GM Crops & Food. 11:2, 70-78. DOI: 10.1080/21645698.2019.1706424
- Marshall, A. 1920. *Principles of Economics*. 8th Edition, Macmillan, London.
- Matta, J. 2016. Efectos económicos de la liberación de semilla de algodón Bollgard II en Cañete, Región Lima. Tesis para optar el título de Economista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
- Maza, S. 2020. Metodologías de valoración ex – ante del impacto de la biotecnología en el sector agrario peruano. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae en Economía Agrícola. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Miguez, D. 2014. Análisis de Riesgos en Emprendimientos Agropecuarios. Evaluación de Resultados Económicos Esperados en Proyectos Productivos en el oeste de la provincia de Buenos Aires. Revista de Investigación en Modelos Financieros. Vol. 1. 69 – 92.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2018. Serie de Estadísticas de Producción Agrícola. Recuperado de <http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/>
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2019. Plan Nacional de Cultivos. Campaña agrícola 2019 – 2020.
- Mogollón, R. 2015. 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.

- Mohanty, S.; & Swain, M. 2019. *Bioethanol Production From Corn and Wheat: Food, Fuel, and Future*. Bioethanol Production from Food Crops, 45–59. doi:10.1016/b978-0-12-813766-6.00003-5
- Moñux, D.; Miranda, B.; Aleixandre, G.; & Gómez, F. 2005. Condicionantes políticos y problemas metodológicos en la evaluación de impacto social de las políticas de I+ D e innovación. *Rev. Iberoam. Cienc. Tecnol. Soc.* 2(4):173-200.
- Ng, Yew-Kwang. 2004. *Welfare Economics: Towards a More Complete Analysis*. Palgrave Macmillan, London. [https://doi.org/10.1057/9781403944061\\_2](https://doi.org/10.1057/9781403944061_2)
- ODEPA. 2021. Series históricas de precios diarios internacionales de productos básicos. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile.
- OECD. 1993. *Glossary of Industrial Organization Economics and Competition Law*. Directorate for Financial, Fiscal and Enterprise Affairs. Paris.
- Perez, A.; & Camberos, M. 2017. Análisis del bienestar multidimensional de las regiones de México y de los hogares que se dedican al turismo. *Revista Turydes: Turismo y Desarrollo*, n. 22. En línea: <http://www.eumed.net/rev/turydes/22/bienestar-hogares-turismo.html>
- Posada, C. 2018. Producción de Maíz Amarillo Duro no cubre la demanda local. La Cámara (CCL). [Edición especial]. Recuperado de [https://apps.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/posada\\_841/posada\\_841\\_producci%C3%B3n%20de%20ma%C3%ADz%20amarillo%20duro%20no%20cubre%20la%20demanda%20local.pdf](https://apps.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/posada_841/posada_841_producci%C3%B3n%20de%20ma%C3%ADz%20amarillo%20duro%20no%20cubre%20la%20demanda%20local.pdf)
- Ramírez, Z.; Santillán, J.; Drouaillet, B.; Hernández, E.; Pecina, J.; Mendoza, M.; & Reyes, C. 2018. *Combinatorial aptitude and resistance to leaf damage of Spodoptera frugiperda in maize germplasm native to Tamaulipas*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(1): 81-93.
- RaboResearch. 2021. *Food Price surge is unlikely to revert*. Agri Commodity Markets Research. Food & Agribusiness. London. Recuperado de <https://research.rabobank.com/far/en/sectors/agri-commodity-markets/food-price-surge-is-unlikely-to-revert.html>

- Reyna, N. 2018. Semillas mejoras para los pequeños productores de maíz amarillo duro (*Zea mays*) en Los Ríos, Ecuador, periodo 2012 – 2016. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae en Economía Agrícola. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Rogers, E. 2003. *Diffusion of innovations*. 5th Edition. New York: Free Press.
- Roth, S. 2002. *Partial Budgeting for Agricultural Businesses*. Agricultural Research and Cooperative Extension. The Pennsylvania State University, University Park, PA.
- Ruane, J. 2014. *Background document to the FAO e-mail conference on “Approaches and methodologies in ex post impact assessment of agricultural research: Experiences, lessons learned and perspectives”*. FAO Research and Extension Unit. Rome. Italy. Disponible en <http://www.fao.org/3/as549e/as549e.pdf>
- Ruhinduka, R.; Falck-Zepeda, J.; Wood-Sichra, U.; Zambrano, P.; Semboja, H.; Chambers, J.; Hanson, H.; & Lesseri, G. 2020. *Ex ante economic assessment of impacts of GM maize and cassava on producers and consumers in Tanzania*. IFPRI Discussion Paper 1911. Washington, DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI). <https://doi.org/10.2499/p15738coll2.133636>
- Sandhu, R.; & Irmak, S. 2020. *Performance assessment of Hybrid-Maize model for rainfed, limited and full irrigation conditions*. Agricultural Water Management, 242, 106402. doi:10.1016/j.agwat.2020.106402
- Soha, M. 2014. *The partial budget analysis for sorghum farm in Sinai Peninsula, Egypt*. Annals of Agricultural Sciences, 59(1), 77–81. doi:10.1016/j.aoas.2014.06.011
- Tarazona, C. 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. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Tshuma, M.; & Monde, N. 2012. *A socio-economic impact assessment of a project to identify and implement best management practices at the Zanyokwe Irrigation Scheme at farm level*. Water SA, 38(5). doi:10.4314/wsa.v38i5.18
- USDA. 2020. *Foreign Agricultural Service. Data & Analysis. Production, Supply and Distribution – PS&D*. Disponible en <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home>

- Varian, H. 2010. *Intermediate Microeconomics: A Modern Approach*. 8th Edition. New York: W.W. Norton & Company.
- Varona, A. 2012. Adaptación de metodologías para la evaluación ex – ante de los costos y beneficios de la liberación de los organismos genéticamente modificados: El caso de la papa en el distrito de Huasahuasi, Provincia de Tarma, Región Junín. Tesis para optar el diploma de Magister Scientiae en Economía Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Xie, W.; Ali, T.; Cui, Q.; & Huang, J. 2017. *Economic impacts of commercializing insect-resistant GM maize in China*. *China Agricultural Economic Review*, 9(3), 340–354. doi:10.1108/caer-06-2017-0126
- Yirga, C.; Nin-Pratt, A.; Zambrano, P.; Wood-Sichra, U.; Habte, E.; Kato, E.; Komen, J.; Falck-Zepeda, J.; & Chambers, J. 2020. *GM maize in Ethiopia: An ex-ante economic assessment of TELA, a drought tolerant and insect resistant maize*. IFPRI Discussion Paper 1926. Washington, DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI). <https://doi.org/10.2499/p15738coll2.133714>
- Zenner de Polanía, I.; Arévalo, H.; & Mejía, R. 2007. El gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* y algunas plantas transgénicas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 1 (1): 103-113
- Zamora A. 2008. Rentabilidad y ventaja comparativa. Un análisis de los sistemas de producción de Guayaba en el estado de Michoacán. Tesis para obtener el grado de Magíster en Comercio Exterior. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.
- Zugarramurdi, A.; & Lupín, H. 1998. *Ingeniería Económica Aplicada a la Industria Pesquera*. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 351. Roma. ISBN 92-5-303738-5. Disponible en <http://www.fao.org/3/v8490s/v8490s06.htm>

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1: Costos de producción del cultivo de MAD por hectárea en Piura

| PIURA                                   |                   | Costos de producción de MAD actualizados al 2018 |                         |                               |
|---|-------------------|--|-------------------------|-------------------------------|
| <b>Variedad</b>                         | Híbrido Inti 8480 | <b>Época de cosecha</b>                          | Todo el año             |                               |
| <b>Período de siembra</b>               | Ene - Feb         | <b>Distanciamiento</b>                           | 0.80 x 0.40 m           |                               |
| <b>Rendimiento</b>                      | 10,000 kg/ha      | <b>Año de actualización</b>                      | 2018                    |                               |
|   | Unidad de Medida  | Cantidad<br>Ha                                   | Costo Unitario<br>(S/.) | Costo Total (2018)<br>(S/Ha.) |
| <b>I. Insumos</b>                       |                   |  |                         | <b>2,842.60</b>               |
| <b>1.1.Semilla</b>                      |                   |  |                         | <b>559</b>                    |
| Semilla Híbrido Inti 8480               | Bolsa 25 kilos    | 1.3  | 430                     | 559                           |
| <b>1.2.Fertilizantes</b>                |                   |  |                         | <b>1,629.60</b>               |
| Urea                                    | 50 Kg             | 6  | 66.35                   | 398.1                         |
| Fosfato Diamónico                       | 50 Kg             | 5  | 92.5                    | 462.5                         |
| Sulfato de Potasio Granulado            | Kg                | 4  | 128.5                   | 514                           |
| Fertibagra 15G                          | Kg                | 1  | 85                      | 85                            |
| Sulpomag                                | Kg                | 2  | 85                      | 170                           |
| <b>1.3.Agroquímicos</b>                 |                   |  |                         | <b>654</b>                    |
| Ortheme 75                              | Sobre/100         | 1  | 12                      | 12                            |
| Atranex 500 SC                          | Litro             | 1  | 40                      | 40                            |
| Pyrinex 48 EC                           | Litro             | 2  | 40                      | 80                            |
| Talonil 500                             | Litro             | 0.5  | 48                      | 24                            |
| Orius 25 EW                             | Litro             | 0.5  | 146                     | 73                            |
| Algaenzims                              | Litro             | 5  | 85                      | 425                           |
| <b>II. Maquinaria agrícola y equipo</b> |                   |  |                         | <b>1,135.00</b>               |
| <b>2.1.Preparación de terreno</b>       |                   |  |                         | <b>1135</b>                   |
| Aradura en Seco                         | Hrs/Máq           | 1.25   | 135                     | 168.75                        |
| Cruzada en seco                         | Hrs/Máq           | 1.25   | 135                     | 168.75                        |
| Surcado en seco                         | Hrs/Máq           | 1.5  | 80                      | 120                           |
| Aradura en húmedo                       | Hrs/Máq           | 1.25   | 135                     | 168.75                        |
| Cruzada en húmedo                       | Hrs/Máq           | 1.25   | 135                     | 168.75                        |
| Siembra y primer abono                  | Global            | 1  | 180                     | 180                           |
| Cultivo y segundo abono                 | Global            | 1  | 160                     | 160                           |
| <b>III Mano de obra</b>                 |                   |  |                         | <b>1,592.50</b>               |
| <b>3.1.Preparación de terreno</b>       |                   |  |                         | <b>97.5</b>                   |
| Chaleo y Quema                          | Jornal            | 1  | 32.5                    | 32.5                          |
| Limpia de Acequias y Tomas              | Jornal            | 2  | 32.5                    | 65                            |
| <b>3.2.Labores Culturales</b>           |                   |  |                         | <b>487.5</b>                  |
| Riesgos ( machaco y 4 riegos)           | Jornal            | 5  | 32.5                    | 162.5                         |
| Abertura de bocas y llaves              | Jornal            | 4  | 32.5                    | 130                           |
| Mezcla de fertilizantes                 | Jornal            | 1  | 32.5                    | 32.5                          |
| Tratamiento fitosanitarios-nutrición    | Jornal            | 5  | 32.5                    | 162.5                         |
| <b>3.3.Cosecha</b>                      |                   |  |                         | <b>1007.5</b>                 |
| Cosecha ( con tercero)                  | Global            | 1  | 812.5                   | 812.5                         |
| Guardianía                              | Jornal            | 6  | 32.5                    | 195                           |
| <b>IV Agua</b>                          |                   |  |                         | <b>205.00</b>                 |
| Agua                                    | m3                | 10000  | 0.014                   | 140                           |
| Limpieza y arreglo de bordos            | Jornal            | 2  | 32.5                    | 65                            |
| <b>V. Transporte</b>                    |                   |  |                         | <b>176.00</b>                 |
| Semilla                                 | bolsa 25 kg       | 1  | 1                       | 1                             |
| Fertilizantes                           | Bolsas            | 18   | 1.5                     | 27                            |
| Flete Cosecha                           | TM                | 3700   | 0.04                    | 148                           |
| <b>COSTOS DIRECTOS</b>                  |                   |  |                         | <b>5,951.10</b>               |
| <b>COSTOS INDIRECTOS</b>                |                   |  |                         | <b>760.76</b>                 |
| Asistencia Técnica                      |                   |  |                         | 217.36                        |
| Gastos administrativos                  |                   |  |                         | 543.4                         |
| <b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN (S/.)</b>  |                   |  |                         | <b>6,711.86</b>               |

Fuente: Dirección Regional de Agricultura de Piura (precios actualizados al 2018)

## Anexo 2: Costos de producción del cultivo de MAD por hectárea en Lambayeque

| LAMBAYEQUE                              |                        | Costos de producción de MAD actualizados al 2018 |                         |                               |
|---|------------------------|--|-------------------------|-------------------------------|
| <b>Variedad</b>                         | Híbrido Pioneer 60,000 | <b>Época de cosecha</b>                          | Todo el año             |                               |
| <b>Período de siembra</b>               | Todo el año            | <b>Distanciamiento</b>                           | 0.80 x 0.30 m           |                               |
| <b>Rendimiento</b>                      | 8,000 kg/ha            | <b>Año de actualización</b>                      | 2018                    |                               |
|   | Unidad de Medida       | Cantidad<br>Ha                                   | Costo Unitario<br>(S/.) | Costo Total (2018)<br>(S/Ha.) |
| <b>I. Insumos</b>                       |                        |  |                         | <b>1,626.50</b>               |
| <b>1.1. Semilla</b>                     |                        |  |                         | <b>365</b>                    |
| Semilla Híbrido Pioneer 60,000          | Bolsa 25 kilos         | 1  | 365                     | 365                           |
| <b>1.2. Fertilizantes</b>               |                        |  |                         | <b>1,086.30</b>               |
| Urea                                    | Kg -50= 8 bols         | 8  | 60.35                   | 482.8                         |
| Fosfato Diamónico                       | Kg -50= 4 bols         | 4  | 90                      | 360                           |
| Sulfato de Potasio Granulado            | Kg -50=2 bols          | 2  | 121.75                  | 243.5                         |
| <b>1.3. Agroquímicos</b>                |                        |  |                         | <b>175.2</b>                  |
| Atranex                                 | Litro                  | 1.5  | 40                      | 60                            |
| Orthene 75                              | Sobre/100              | 1  | 12                      | 12                            |
| Clorpirifos 480 EC                      | sobre                  | 1  | 48                      | 48                            |
| Agridex Adherente                       | Litro                  | 0.2  | 36                      | 7.2                           |
| Clorfos Granulado                       | bolsas 10 kilos        | 1  | 35                      | 48                            |
| <b>II. Maquinaria agrícola y equipo</b> |                        |  |                         | <b>667.00</b>                 |
| <b>2.1. Preparación de terreno</b>      |                        |  |                         | <b>667</b>                    |
| Aradura en Seco                         | Hrs/Máq                | 1.5  | 137.5                   | 206.25                        |
| Grado y cruza                           | Hrs/Máq                | 1.5  | 137.5                   | 206.25                        |
| Surcado                                 | Hrs/Máq                | 1  | 97.5                    | 97.5                          |
| Cultivo Aporque                         | Hrs/Máq                | 2  | 25                      | 50                            |
| Desgrane                                | Hrs/Máq                | 19   | 3                       | 57                            |
| Aporque                                 | Global                 | 1  | 50                      | 50                            |
| <b>III Mano de obra</b>                 |                        |  |                         | <b>2,800.00</b>               |
| <b>3.1. Preparación de terreno</b>      |                        |  |                         | <b>320</b>                    |
| Chaleo y Quema                          | Jornal                 | 2  | 40                      | 80                            |
| Limpia de Acequias y Tomas              | Jornal                 | 2  | 40                      | 80                            |
| Riego de machaco (Remojo)               | Jornal                 | 2  | 40                      | 80                            |
| Bordeadura                              | Jornal                 | 2  | 40                      | 80                            |
| <b>3.2. Siembra</b>                     |                        |  |                         | <b>320</b>                    |
| Siembra lampa y Resiembra               | Jornal                 | 6  | 40                      | 240                           |
| Desahije                                | Jornal                 | 2  | 40                      | 80                            |
| <b>3.3. Labores Culturales</b>          |                        |  |                         | <b>1040</b>                   |
| 1er. Abonamiento                        | Jornal                 | 5  | 40                      | 200                           |
| Aplicación Insecticida Líquido          | Jornal                 | 3  | 40                      | 120                           |
| Control Fitosanitario                   | Jornal                 | 10   | 40                      | 400                           |
| Riegos (4)                              | Jornal                 | 8  | 40                      | 320                           |
| <b>3.4. Cosecha</b>                     |                        |  |                         | <b>1120</b>                   |
| Arranque / Corte                        | Jornal                 | 5  | 40                      | 200                           |
| Despanque                               | Jornal                 | 15   | 40                      | 600                           |
| Llenado de sacos y Cargio               | Jornal                 | 4  | 40                      | 160                           |
| Trilla                                  | Jornal                 | 4  | 40                      | 160                           |
| <b>IV Agua</b>                          |                        |  |                         | <b>284.00</b>                 |
| Combustible de motobomba (subterránea)  | galones                | 68   | 3                       | 204                           |
| Limpieza y arreglo de bordos            | Unidad                 | 160  | 0.5                     | 80                            |
| <b>V. Transporte</b>                    |                        |  |                         | <b>175.00</b>                 |
| Semilla                                 | bolsa 25 kg            | 1  | 1                       | 1                             |
| Fertilizantes                           | Bolsas                 | 14   | 1                       | 14                            |
| Flete Cosecha                           | TM                     | 8  | 20                      | 160                           |
| <b>COSTOS DIRECTOS</b>                  |                        |  |                         | <b>5,552.50</b>               |
| <b>COSTOS INDIRECTOS</b>                |                        |  |                         | <b>277.63</b>                 |
| Asistencia Técnica                      | 2%                     |  |                         | 111.05                        |
| Gastos administrativos                  | 3%                     |  |                         | 166.575                       |
| <b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN (S/.)</b>  |                        |  |                         | <b>5,830.13</b>               |

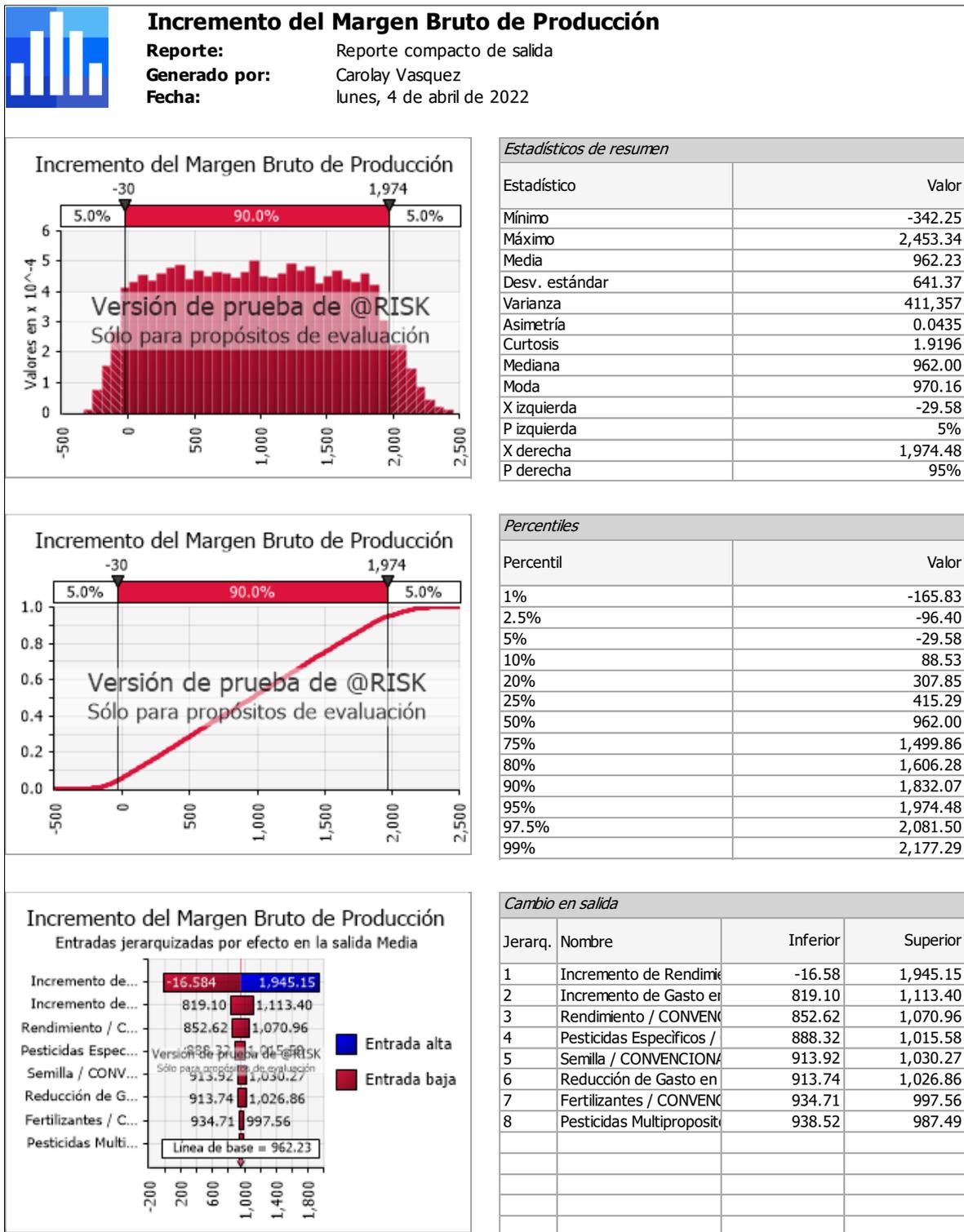
Fuente: Gerencia Regional de Agricultura de Lambayeque (precios actualizados al 2018)

### Anexo 3: Costos de producción del cultivo de MAD por hectárea en La Libertad

| LA LIBERTAD                             |                          | Costos de producción de MAD actualizados al 2018 |                         |                                   |
|---|--------------------------|--|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>Variedad</b>                         | Híbrido Agrícola XB 8010 | <b>Época de cosecha</b>                          | Todo el año             |                                   |
| <b>Período de siembra</b>               | Todo el año              | <b>Distanciamiento</b>                           | 0.70 x 0.30 m           |                                   |
| <b>Rendimiento</b>                      | 8,500 kg/ha              | <b>Año de actualización</b>                      | 2018                    |                                   |
|   | Unidad de Medida         | Cantidad<br>Ha                                   | Costo Unitario<br>(S./) | Costo Total<br>(2018)<br>(S./Ha.) |
| <b>I. Insumos</b>                       |                          |  |                         | <b>2,075.00</b>                   |
| <b>1.1.Semilla</b>                      |                          |  |                         | <b>480</b>                        |
| Semilla Híbrido Agrícola XB 8010        | Bolsa 25 kilos           | 1.5  | 320                     | 480                               |
| <b>1.2.Fertilizantes</b>                |                          |  |                         | <b>1,078.00</b>                   |
| Urea                                    | Kg -50= 8 bols           | 8  | 63                      | 504                               |
| Fosfato Diamónico                       | Kg -50= 4 bols           | 4  | 86                      | 344                               |
| Sulfato de Potasio Granulado            | Kg -50=2 bols            | 2  | 115                     | 230                               |
| <b>1.3.Agroquímicos</b>                 |                          |  |                         | <b>517</b>                        |
| Vencetho                                | Tarro ( 120 grs)         | 1  | 18                      | 18                                |
| Tamaron                                 | Litro                    | 1  | 50                      | 50                                |
| Lanmark                                 | Sobre                    | 2  | 18                      | 36                                |
| Vexter                                  | Litro                    | 1  | 65                      | 65                                |
| Larvin                                  | Litro                    | 1  | 120                     | 120                               |
| Dipterex 10g                            | Bolsa 10 gr              | 1  | 48                      | 48                                |
| Atranex 80                              | Kg                       | 1  | 45                      | 45                                |
| Ferticel                                | Galón                    | 2  | 50                      | 100                               |
| Aquiacid                                | Litro                    | 1  | 35                      | 35                                |
| <b>II. Maquinaria agrícola y equipo</b> |                          |  |                         | <b>390.00</b>                     |
| <b>2.1.Preparación de terreno</b>       |                          |  |                         | <b>390</b>                        |
| Aradura, rastra, cruz y surca           | Hrs/Máq                  | 3  | 130                     | 390                               |
| <b>III. Mano de obra</b>                |                          |  |                         | <b>2,795.50</b>                   |
| <b>3.1.Preparación de terreno</b>       |                          |  |                         | <b>207</b>                        |
| Matada, Junta y Quema                   | Jornal                   | 2  | 34.5                    | 69                                |
| Limpia de Acequias y Tomas              | Jornal                   | 2  | 34.5                    | 69                                |
| Riego de machaco (Remojo)               | Jornal                   | 1  | 34.5                    | 34.5                              |
| Bordeadura                              | Jornal                   | 1  | 34.5                    | 34.5                              |
| <b>3.2.Labores Culturales</b>           |                          |  |                         | <b>1243</b>                       |
| Siembra                                 | Jornal                   | 8  | 34.5                    | 276                               |
| 1er. Abonamiento                        | Jornal                   | 6  | 34.5                    | 207                               |
| 2do. Abonamiento                        | Jornal                   | 2  | 34.5                    | 69                                |
| Aporque                                 | Acemila                  | 1  | 70                      | 70                                |
| Control Fitosanitario                   | Jornal                   | 10   | 34.5                    | 345                               |
| Riegos (4)                              | Jornal                   | 8  | 34.5                    | 276                               |
| <b>3.3.Cosecha</b>                      |                          |  |                         | <b>1345.5</b>                     |
| Corte, despanque, ensacado y carguio    | Jornal                   | 30   | 34.5                    | 1035                              |
| Trilla                                  | S/Tm                     | 9  | 34.5                    | 310.5                             |
| <b>IV. Agua</b>                         |                          |  |                         | <b>80.00</b>                      |
| Agua                                    | m3                       | 8000   | 0.01                    | 80                                |
| <b>V. Otros gastos</b>                  |                          |  |                         | <b>51.00</b>                      |
| Costales para ensacado                  | sacos de 50 kg           | 100  | 0.3                     | 30                                |
| Flete de insumos                        | Tm                       | 0.7  | 30                      | 21                                |
| <b>COSTOS DIRECTOS</b>                  |                          |  |                         | <b>5,391.50</b>                   |
| <b>COSTOS INDIRECTOS</b>                |                          |  |                         | <b>269.58</b>                     |
| Asistencia Técnica                      | 2%                       |  |                         | 107.83                            |
| Gastos administrativos                  | 3%                       |  |                         | 161.745                           |
| <b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN (S./)</b>  |                          |  |                         | <b>5,661.08</b>                   |

Fuente: Gerencia Regional de Agricultura de La Libertad (precios actualizados al 2018)

## Anexo 4: Informe @Risk Salida: Incremento de margen bruto de utilidad

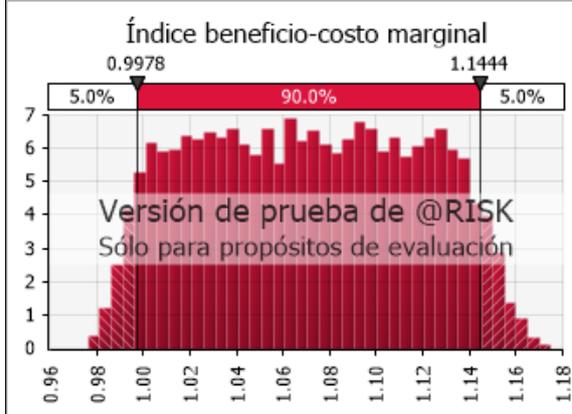


## Anexo 5: Informe @Risk Salida: Índice beneficio-costo marginal

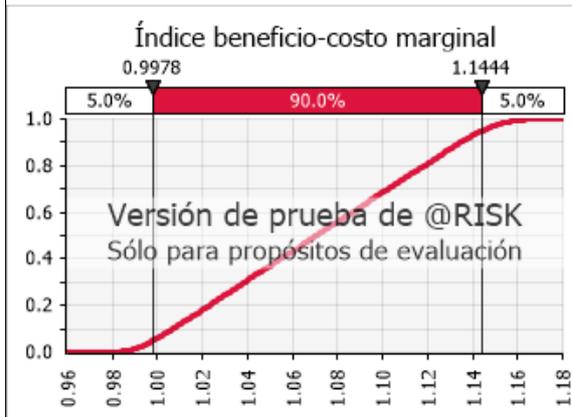


### Índice beneficio-costo marginal

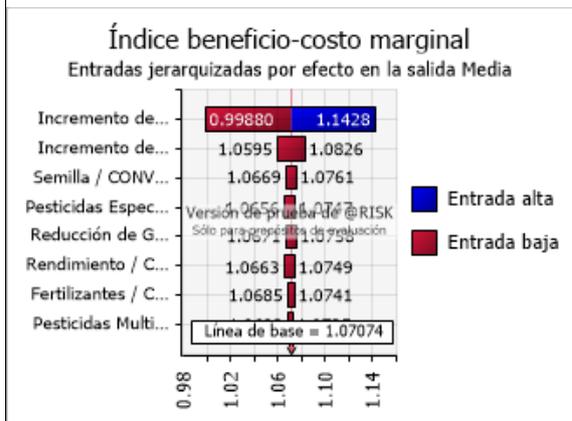
**Reporte:** Reporte compacto de salida  
**Generado por:** Carolay Vasquez  
**Fecha:** lunes, 4 de abril de 2022



| Estadísticos de resumen |          |
|-------------------------|----------|
| Estadístico             | Valor    |
| Mínimo                  | 0.97635  |
| Máximo                  | 1.17495  |
| Media                   | 1.07074  |
| Desv. estándar          | 0.04696  |
| Varianza                | 0.002205 |
| Asimetría               | 0.0217   |
| Curtosis                | 1.8871   |
| Mediana                 | 1.07052  |
| Moda                    | 1.12726  |
| X izquierda             | 0.99779  |
| P izquierda             | 5%       |
| X derecha               | 1.14436  |
| P derecha               | 95%      |

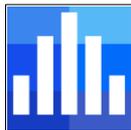


| Percentiles |         |
|-------------|---------|
| Percentil   | Valor   |
| 1%          | 0.98775 |
| 2.5%        | 0.99297 |
| 5%          | 0.99779 |
| 10%         | 1.00647 |
| 20%         | 1.02296 |
| 25%         | 1.03056 |
| 50%         | 1.07052 |
| 75%         | 1.11034 |
| 80%         | 1.11842 |
| 90%         | 1.13460 |
| 95%         | 1.14436 |
| 97.5%       | 1.15097 |
| 99%         | 1.15746 |



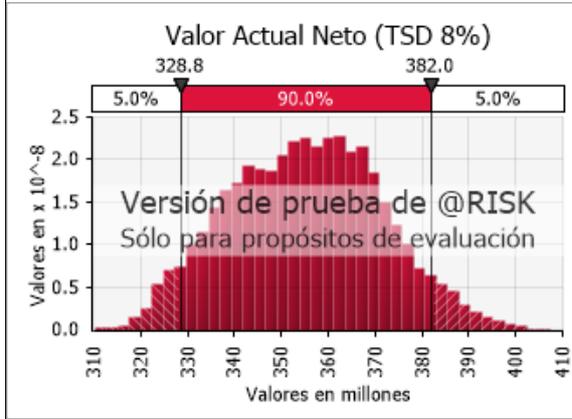
| Cambio en salida |                           |          |          |
|------------------|---------------------------|----------|----------|
| Jerarq.          | Nombre                    | Inferior | Superior |
| 1                | Incremento de Rendimie    | 0.99880  | 1.14282  |
| 2                | Incremento de Gasto en    | 1.05949  | 1.08257  |
| 3                | Semilla / CONVENCIONA     | 1.06689  | 1.07611  |
| 4                | Pesticidas Especificos /  | 1.06561  | 1.07473  |
| 5                | Reducción de Gasto en     | 1.06712  | 1.07580  |
| 6                | Rendimiento / CONVENC     | 1.06628  | 1.07488  |
| 7                | Fertilizantes / CONVENC   | 1.06846  | 1.07412  |
| 8                | Pesticidas Multiproposito | 1.06922  | 1.07251  |
|                  |                           |          |          |
|                  |                           |          |          |
|                  |                           |          |          |
|                  |                           |          |          |

**Anexo 6: Informe @Risk Salida: Valor Actual Neto (8%)**

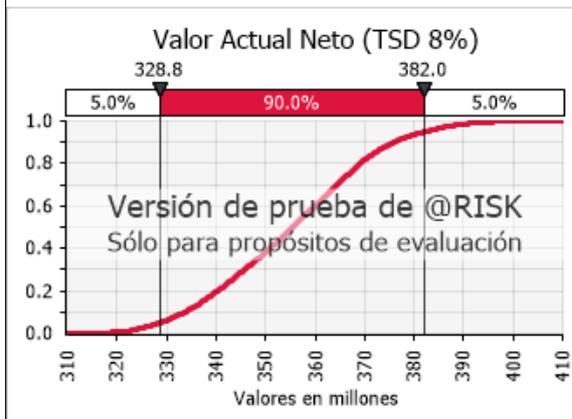


**Valor Actual Neto (TSD 8%) - Excedentes!AA6**

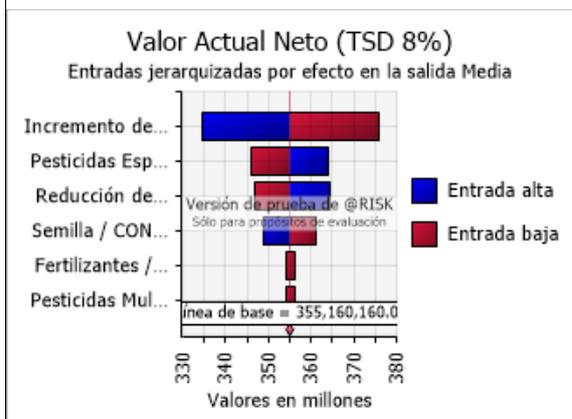
**Reporte:** Reporte compacto de salida  
**Generado por:** Carolay Vasquez  
**Fecha:** miércoles, 6 de abril de 2022



| Estadísticos de resumen |                |
|-------------------------|----------------|
| Estadístico             | Valor          |
| Mínimo                  | 310,337,864.78 |
| Máximo                  | 407,275,555.19 |
| Media                   | 355,160,160.09 |
| Desv. estándar          | 16,169,213.78  |
| Varianza                | 2.614E+014     |
| Asimetría               | 0.0596         |
| Curtosis                | 2.5264         |
| Mediana                 | 355,355,588.14 |
| Moda                    | 355,176,981.50 |
| X izquierda             | 328,761,498.10 |
| P izquierda             | 5%             |
| X derecha               | 382,040,252.16 |
| P derecha               | 95%            |



| Percentiles |                |
|-------------|----------------|
| Percentil   | Valor          |
| 1%          | 321,971,725.05 |
| 2.5%        | 325,086,756.12 |
| 5%          | 328,761,498.10 |
| 10%         | 333,596,902.59 |
| 20%         | 340,307,012.07 |
| 25%         | 343,078,981.84 |
| 50%         | 355,355,588.14 |
| 75%         | 366,718,580.81 |
| 80%         | 369,131,772.05 |
| 90%         | 375,882,533.85 |
| 95%         | 382,040,252.16 |
| 97.5%       | 386,787,318.40 |
| 99%         | 392,223,945.99 |



| Cambio en salida |                          |                |                |
|------------------|--------------------------|----------------|----------------|
| Jerarq.          | Nombre                   | Inferior       | Superior       |
| 1                | Incremento de Gasto en   | 334,655,195.59 | 375,996,648.75 |
| 2                | Pesticidas Especificos / | 346,048,613.95 | 363,880,688.10 |
| 3                | Reducción de Gasto en    | 346,873,484.22 | 364,255,132.53 |
| 4                | Semilla / CONVENCIONA    | 348,845,695.96 | 360,994,585.43 |
| 5                | Fertilizantes / CONVENC  | 354,083,161.42 | 356,412,966.17 |
| 6                | Pesticidas Multiproposit | 354,227,279.86 | 356,189,394.30 |
|                  |                          |                |                |
|                  |                          |                |                |
|                  |                          |                |                |
|                  |                          |                |                |
|                  |                          |                |                |











## Anexo 12: Informe @Risk: Reporte de estadísticos de resumen

|  <b>Resumen de Entradas y Salidas</b><br><b>Reporte:</b> Reporte de estadísticos de resumen<br><b>Generado por:</b> Carolay Vasquez<br><b>Fecha:</b> miércoles, 6 de abril de 2022 |                   |   |  |                |                |                |               |                |                |
|---|-------------------|---|--|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| <i>Estadísticos de resumen</i>  |                   |   |  |                |                |                |               |                |                |
| Entrada   | Celda             | Gráficos  | Función  | Mínimo         | Máximo         | Media          | Desv. est.    | 5%             | 95%            |
| Semilla / CONVENCIONAL  | Margen_Indice!E41 |    | RiskUniform(E25;F25)   | 365.01         | 559.00         | 462.00         | 56.01         | 374.70         | 549.30         |
| Incremento de Rendimientos / Esperado   | Margen_Indice!M41 |    | RiskUniform(K41;L41;RiskName("Incremento de Rendimientos / Esperado"))       | 2.13363E-05    | 29.998%        | 15.000%        | 8.661%        | 1.500%         | 28.498%        |
| Fertilizantes / CONVENCIONAL  | Margen_Indice!E42 |    | RiskUniform(E26;F26)   | 1,078.03       | 1,629.57       | 1,353.80       | 159.24        | 1,105.57       | 1,602.00       |
| Incremento de Gasto en Semillas / Esperado  | Margen_Indice!M42 |    | RiskUniform(K42;L42;RiskName("Incremento de Gasto en Semillas / Esperado"))  | 10.002%        | 69.994%        | 40.000%        | 17.321%       | 12.996%        | 66.995%        |
| Pesticidas Específicos / CONVENCIONAL   | Margen_Indice!E43 |    | RiskUniform(E27;F27)   | 0.00536        | 233.00         | 116.50         | 67.26         | 11.63          | 221.34         |
| Reducción de Gasto en Pesticidas / Esperado   | Margen_Indice!M43 |    | RiskUniform(K43;L43;RiskName("Reducción de Gasto en Pesticidas / Esperado")) | 8.86713E-05    | 99.993%        | 50.000%        | 28.869%       | 4.992%         | 94.997%        |
| Pesticidas Multipropósito / CONVENCIONAL  | Margen_Indice!E44 |   | RiskUniform(E28;F28)   | 127.21         | 653.99         | 390.60         | 152.08        | 153.52         | 627.65         |
| Rendimiento / CONVENCIONAL  | Margen_Indice!E53 |  | RiskUniform(E35;F35)   | 8,000.12       | 9,999.94       | 9,000.00       | 577.38        | 8,099.80       | 9,899.87       |
| <i>Estadísticos de resumen</i>  |                   |   |  |                |                |                |               |                |                |
| Salida  | Celda             | Gráficos  | Función  | Mínimo         | Máximo         | Media          | Desv. est.    | 5%             | 95%            |
| Incremento del Margen Bruto de Producción   | Margen_Indice!I56 |  | RiskOutput("Incremento del Margen Bruto de Producción")                      | -342.25        | 2,453.34       | 962.23         | 641.37        | -29.58         | 1,974.48       |
| Índice beneficio-costo marginal   | Margen_Indice!F63 |  | RiskOutput("Índice beneficio-costo marginal")                                | 0.97635        | 1.17495        | 1.07074        | 0.04696       | 0.99779        | 1.14436        |
| Valor Actual Neto (TSD 8%)  | Excedentes!AA6    |  | RiskOutput("Valor Actual Neto (TSD 8%)")                                     | 310,337,864.78 | 407,275,555.19 | 355,160,160.09 | 16,169,213.78 | 328,761,498.10 | 382,040,252.16 |
| Valor Actual Neto (TSD 20%)   | Excedentes!AA8    |  | RiskOutput("Valor Actual Neto (TSD 20%)")                                    | 135,378,171.45 | 177,204,683.75 | 155,769,347.42 | 7,234,565.92  | 143,865,129.73 | 167,704,559.47 |
| Tasa Interna de Retorno   | Excedentes!AA10   |  | RiskOutput("Tasa Interna de Retorno")  | 140.953%       | 162.908%       | 151.954%       | 3.797%        | 145.635%       | 158.151%       |
| Variación del Excedente de Consumidor   | Excedentes!AA12   |  | RiskOutput("Variación del Excedente de Consumidor")                          | 100,680,903.62 | 129,752,594.67 | 114,852,371.77 | 5,028,396.53  | 106,578,689.31 | 123,148,298.48 |
| Variación del Excedente de Productor  | Excedentes!AA14   |  | RiskOutput("Variación del Excedente de Productor")                           | 196,920,002.66 | 253,780,810.16 | 224,637,727.14 | 9,834,952.03  | 208,455,377.62 | 240,863,583.78 |
| Variación del Excedente Social  | Excedentes!AA16   |  | RiskOutput("Variación del Excedente Social")                                 | 297,600,906.28 | 383,533,404.82 | 339,490,098.91 | 14,863,348.56 | 315,034,066.92 | 364,011,882.26 |