

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ECONOMÍA AGRÍCOLA**



**“BENEFICIOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES DE LA  
SEMILLA CERTIFICADA DE MAÍZ AMARILLO DURO  
(*Zea mays* L.) EN EL BAJO PIURA”**

**Presentada por:**

**DIANA ELIZABETH RODRÍGUEZ VALDEZ**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO  
MAGISTER SCIENTIAE EN ECONOMÍA AGRÍCOLA**

**Lima – Perú**

**2023**

## Document Information

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Analyzed document</b> | TESIS_ MAIZ DURO_DIANA RODRIGUEZ octubre 2022 RDM 28 10 2022.docx, versión final (1).pdf (D150637972) |
| <b>Submitted</b>         | 11/23/2022 12:12:00 AM  |
| <b>Submitted by</b>      | Ramón Alberto Diez Matallana  |
| <b>Submitter email</b>   | rdiez@lamolina.edu.pe   |
| <b>Similarity</b>        | 4%  |
| <b>Analysis address</b>  | rdiez.unalm@analysis.orkund.com   |

## Sources included in the report

|           |  |   |
|-----------|--|---|
| <b>W</b>  | URL: <a href="https://1library.co/document/ynx2740q-comportamiento-maleza-oryza-oryza-sativa-semilla-certifi...">https://1library.co/document/ynx2740q-comportamiento-maleza-oryza-oryza-sativa-semilla-certifi...</a><br>Fetched: 11/16/2021 9:06:45 AM |  <b>1</b>    |
| <b>SA</b> | <b>URKUND ANGEL JAVIER CALLE ANDRADE.doc</b><br>Document URKUND ANGEL JAVIER CALLE ANDRADE.doc (D25070856)   |  <b>1</b>  |
| <b>SA</b> | <b>Universidad Nacional Agraria La Molina / Capa_final.docx</b><br>Document Capa_final.docx (D131184754)<br>Submitted by: jmsanchez@lamolina.edu.pe<br>Receiver: jmsanchez.unalm@analysis.orkund.com   |  <b>7</b>  |
| <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   |  <b>3</b>  |
| <b>W</b>  | URL: <a href="https://www.cimmyt.org/es/nuestro-trabajo/maiz/">https://www.cimmyt.org/es/nuestro-trabajo/maiz/</a><br>Fetched: 11/23/2022 12:12:00 AM  |  <b>2</b>  |
| <b>SA</b> | <b>Universidad Nacional Agraria La Molina / Tesis Carolay Vasquez 2022.pdf.docx</b><br>Document Tesis Carolay Vasquez 2022.pdf.docx (D139236843)<br>Submitted by: rdiez@lamolina.edu.pe<br>Receiver: rdiez.unalm@analysis.orkund.com                     |  <b>12</b> |
| <b>SA</b> | <b>Universidad Nacional Agraria La Molina / MejíaParcial.docx</b><br>Document MejíaParcial.docx (D141174890)<br>Submitted by: jmsanchez@lamolina.edu.pe<br>Receiver: jmsanchez.unalm@analysis.orkund.com   |  <b>2</b>  |
| <b>SA</b> | <b>Universidad Nacional Agraria La Molina / MejiaParcial0207.docx</b><br>Document MejiaParcial0207.docx (D141755690)<br>Submitted by: jmsanchez@lamolina.edu.pe<br>Receiver: jose.miguel.sanchez.uzcategui.unalm@analysis.orkund.com                     |  <b>1</b>  |
| <b>SA</b> | <b>TESIS FINAL CASTRO CAROLINA.docx</b><br>Document TESIS FINAL CASTRO CAROLINA.docx (D143705112)  |  <b>2</b>  |

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ECONOMÍA AGRÍCOLA**

**“BENEFICIOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES DE LA  
SEMILLA CERTIFICADA DE MAÍZ AMARILLO DURO  
(*Zea mays* L.) EN EL BAJO PIURA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRIA  
MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por:**

**DIANA ELIZABETH RODRÍGUEZ VALDEZ**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

**PRESIDENTE**

Mg. Sc. Ramón Díez Matallana  
**ASÉSOR**

Mg. Sc. Luis Guillén Vidal  
**MIEMBRO**

Mg. Sc. Julián Chura Chuquija  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mis padres, Elizabeth y Luis, por haber inculcado en mí los valores de la responsabilidad, compromiso y perseverancia, cimientos que me han permitido lograr cada una de mis metas profesionales y personal.

A mis hermanos, Jorge y Rossy, por multiplicar mis alegrías y por su apoyo incondicional en todo momento; y a mi pequeña sobrina, mi princesa Cayetana, por llegar a iluminar mi vida y por enseñarme a descubrir el sentimiento más genuino de protección y amor infinito.

Tengan la plena seguridad que vaya a donde vaya, estarán siempre presentes de corazón.  
Los amo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por ser fuente inagotable de amor, esperanza y fortaleza en mi vida.

A mi Asesor, Mg. Sc. Ramón Diez, por su tiempo y buena disposición para acompañar y guiar académicamente el desarrollo de la tesis.

A mi Jurado, por las apreciaciones y recomendaciones efectuadas.

A mis grandes amigos, Mirian y Mario, gracias por el soporte emocional brindado, por contagiarme de su entusiasmo y enseñarme a disfrutar la vida todos los días.

## ÍNDICE GENERAL

|  |           |
|--|-----------|
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....   | <b>1</b>  |
| 1.1. OBJETIVOS .....   | 3         |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN .....   | 4         |
| <b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....  | <b>6</b>  |
| 2.1. EL CULTIVO DE MAÍZ AMARILLO DURO EN EL PERÚ .....   | 6         |
| 2.2. MARCO TEÓRICO .....   | 11        |
| 2.3. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL .....   | 25        |
| 2.4. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....  | 28        |
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....   | <b>32</b> |
| 3.1. GENERALIDADES .....   | 32        |
| 3.2. HIPÓTESIS .....   | 33        |
| 3.3. MÉTODOS Y MODELOS.....  | 34        |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....  | <b>53</b> |
| 4.1. RESULTADOS .....  | 53        |
| 4.1.1. Rentabilidad de la semilla certificada de maíz amarillo duro.....   | 53        |
| 4.1.2. Cálculo de excedentes económicos de productores y consumidores.....   | 57        |
| 4.1.3. Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ): Adopción de la semilla certificada de MAD en el departamento de Piura ..... | 65        |
| 4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....  | 71        |
| <b>V. CONCLUSIONES</b> .....   | <b>74</b> |
| <b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....   | <b>76</b> |
| <b>VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....  | <b>78</b> |
| <b>VIII.ANEXOS</b> .....   | <b>85</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1:</b> Superficie cosechada (ha) de maíz amarillo duro en Bajo Piura (2014 - 2018)   | 7  |
| <b>Tabla 2:</b> Producción (t) de maíz amarillo duro en el Valle del Bajo Piura (2014-2018).  | 8  |
| <b>Tabla 3:</b> Rendimiento (kg/ha) de maíz amarillo duro en el Bajo Piura (2014-2018).....   | 9  |
| <b>Tabla 4:</b> Precio de chacra (Soles/kg) de maíz amarillo duro en el Bajo Piura (2014 – 2018).....   | 10 |
| <b>Tabla 5:</b> Tasa de uso de semilla certificada de MAD en el Perú (porcentaje).....  | 11 |
| <b>Tabla 6:</b> Distritos que conforman el Valle del Bajo Piura .....   | 32 |
| <b>Tabla 7:</b> Área instalada y número de productores de maíz amarillo duro en el Valle del Bajo Piura .....   | 40 |
| <b>Tabla 8:</b> Campaña de maíz amarillo duro en el Valle del Bajo Piura.....   | 41 |
| <b>Tabla 9:</b> Características generales de productores de maíz amarillo duro del Bajo Piura .....   | 42 |
| <b>Tabla 10:</b> Cantidad de semilla de MAD requerida (Kg/ha).....  | 47 |
| <b>Tabla 11:</b> Precio de la semilla de MAD.....   | 48 |
| <b>Tabla 12:</b> Inversión en control de malezas y plagas .....   | 50 |
| <b>Tabla 13:</b> Costos de Insumos Agrícolas – Producción de MAD .....  | 51 |
| <b>Tabla 14:</b> Costos de Mano de Obra – Producción de MAD .....   | 52 |
| <b>Tabla 15:</b> Estadísticos de costos de producción de MAD en el Valle del Bajo Piura (S/ha) .....  | 52 |
| <b>Tabla 16:</b> Comparación de Costos de Producción de MAD en el Valle del Bajo Piura  | 54 |
| <b>Tabla 17:</b> Índice de Beneficio/Costo Marginal e incremento de margen .....  | 56 |
| <b>Tabla 18:</b> Estimación del modelo de excedentes económicos.....  | 58 |
| <b>Tabla 19:</b> Estimación del modelo de excedentes económicos.....  | 58 |
| <b>Tabla 20:</b> Excedentes del productor, consumidor y sociales.....   | 59 |
| <b>Tabla 21:</b> Resultados del Modelo de cambio de Excedentes con semilla certificada de Maíz Amarillo Duro .....  | 60 |
| <b>Tabla 22:</b> Impacto ambiental del uso de Semilla No Certificada de Maíz Amarillo Duro en el departamento de Piura (2010-2019) .....                    | 67 |
| <b>Tabla 23:</b> Superficie tratada con plaguicidas y tasa de adopción de la Semilla Certificada de Maíz Amarillo Duro (nueva tecnología).....              | 68 |
| <b>Tabla 24:</b> Impacto ambiental del uso de Semilla No Certificada de Maíz Amarillo Duro en el departamento de Piura (2020-2032) .....                    | 69 |
| <b>Tabla 25:</b> Impacto ambiental del uso de Semilla Certificada de Maíz Amarillo Duro en el departamento de Piura (2020-2032) .....                       | 69 |
| <b>Tabla 26:</b> Comparación del Impacto Ambiental EIQ generado en la producción de MAD con semilla no certificada y semilla certificada (2020 – 2032)..... | 70 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1:</b> Excedente del consumidor y productor. ....   | 18 |
| <b>Figura 2:</b> Desplazamiento de la curva de oferta.....  | 18 |
| <b>Figura 3:</b> Impactos en costos y producción.....   | 20 |
| <b>Figura 4:</b> Tenencia de las tierras agrícolas en el valle del Bajo Piura.....                                      | 41 |
| <b>Figura 5:</b> Área cultivada de maíz amarillo duro por productor en valle del Bajo Piura                             | 43 |
| <b>Figura 6:</b> Años de experiencia en la producción de maíz amarillo .....  | 43 |
| <b>Figura 7:</b> Semillas certificadas utilizadas en el Valle del Bajo Piura.....                                       | 44 |
| <b>Figura 8:</b> Causas que influyen en la no renovación de semilla .....   | 44 |
| <b>Figura 9:</b> Procedencia de la semilla.....   | 45 |
| <b>Figura 10:</b> Mes de siembra de MAD en el Bajo Piura .....  | 49 |
| <b>Figura 11:</b> Mes de cosecha de MAD en el Bajo Piura .....  | 49 |
| <b>Figura 12:</b> Distribución de los costos de producción de maíz amarillo duro – Valle del<br>Bajo Piura (2021) ..... | 51 |
| <b>Figura 13:</b> Incremento de margen de utilidad en soles .....   | 55 |
| <b>Figura 14:</b> Índice de Beneficio Costo Marginal .....  | 57 |
| <b>Figura 15:</b> Valor Actual Neto (8 por ciento) .....  | 60 |
| <b>Figura 16:</b> Valor Actual Neto (20 por ciento) .....   | 61 |
| <b>Figura 17:</b> Tasa Interna de Retorno.....  | 61 |
| <b>Figura 18:</b> Cambio de Excedentes del Consumidor .....   | 62 |
| <b>Figura 19:</b> Cambio de Excedentes del Productor .....  | 63 |
| <b>Figura 20:</b> Cambio de Excedente Social .....  | 63 |
| <b>Figura 21:</b> Cambio de excedente por persona (12 años) .....   | 64 |
| <b>Figura 22:</b> Cambio de excedente por productor (12 años).....  | 65 |
| <b>Figura 23:</b> Cambio de excedente por hectárea (12 años) .....  | 65 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| <b>Anexo 1:</b> Relación de encuestados.....   | 85 |
| <b>Anexo 2:</b> Insecticidas empleados en el control fitosanitario en el cultivo de Maíz<br>Amarillo Duro .....    | 87 |
| <b>Anexo 3:</b> Representantes de las comisiones de usuarios entrevistados .....                                   | 90 |
| <b>Anexo 4:</b> Costos de producción por hectárea de maíz amarillo duro (semilla certificada<br>Pioneer).....      | 91 |
| <b>Anexo 5:</b> Costos de producción por hectárea de maíz amarillo duro (semilla certificada<br>Dekalb) .....      | 93 |
| <b>Anexo 6:</b> Costos de producción por hectárea de maíz amarillo duro (Semilla certificada<br>Marginal 28T)..... | 95 |
| <b>Anexo 7:</b> Fotos de aplicación de encuestas y entrevistas a casas comerciales de semillas<br>.....            | 97 |

## RESUMEN

La producción de maíz amarillo duro (MAD) podría incrementar su rendimiento y beneficiar a los productores y a la sociedad aprovechando la tecnología existente, especialmente en la semilla certificada; por ello, el objetivo es determinar los beneficios económicos, sociales y ambientales de liberar semillas certificadas de maíz amarillo duro (*Zea mays L.*) en el Bajo Piura. Se encuestó a 70 productores de MAD. Para estimar los beneficios económicos para el productor, se empleó el Modelo de Presupuesto Parcial en entorno de riesgo. Los beneficios sociales se estimaron con el modelo de Cambio de Excedentes con una simulación de Montecarlo y para evaluar mejoras ambientales se estimó el cambio en el Coeficiente de Impacto Ambiental. Entre los resultados, se tiene que, por el incremento del rendimiento por hectárea (29 por ciento), el margen de utilidad del productor se incrementa en 62,2 por ciento (S/ 2 557.2), la rentabilidad con semilla certificada crece a 96 por ciento, mientras que con semilla no certificada llega a 64 por ciento, y el Índice de Beneficio Costo Marginal es 1,17, con 80,2 por ciento de escenarios positivos. Los consumidores incrementan excedentes en 45 millones de soles, los productores en 89 millones y el excedente social crece en 135 millones. Para el país, la inversión en generación y transferencia de una semilla certificada, de alto rendimiento, es rentable, pues el Valor Actual Neto asciende a 128 millones de soles, en un 95 por ciento de escenarios positivos, con una Tasa Interna de Retorno de 103 por ciento. El Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) se reduciría en 73,6 por ciento, al usar semilla certificada en la producción de MAD en Piura, como consecuencia del menor uso de pesticidas que contienen los ingredientes activos *Chlorpyrifos* y *Thiodicarb*. Es recomendable replicar investigaciones semejantes en otros productos.

**Palabras clave:** Beneficios económicos, coeficiente de impacto ambiental, maíz amarillo duro, modelo de excedentes, presupuesto parcial, semilla certificada.

## ABSTRACT

The production of hard yellow corn (MAD) could increase its yield and benefit producers and society by taking advantage of existing technology, especially certified seed; therefore, the objective is to determine the economic, social and environmental benefits of releasing certified seeds of hard yellow corn (*Zea mays L.*) in Bajo Piura. 70 MAD producers were surveyed. To estimate economic benefits for the producer, the Partial Budget Model was used in a risk environment. The social benefits are estimated with the Surplus Change model with a Montecarlo simulation and to evaluate environmental improvements, the change in the Environmental Impact Coefficient was estimated. Among the results, it is found that, due to the increase in yield per hectare (29 percent), the producer's profit margin increases by 62.2 percent (S/ 2 557.2) per hectare, the profitability with certified seed grows to 96 percent, while with non-certified seed it reaches 64 percent, and the Marginal Cost Benefit Index is 1.17, with 80,2 percent positive scenarios. Consumers increase surpluses by 45 million soles, producers by 89 million and the social surplus grows by 135 million. For the country, the investment in the generation and transfer of a high-performance certified seed is profitable, since the Net Present Value amounts to 128 million soles, with 95 percent positive scenarios, and an Internal Rate of Return of 103 percent. The Environmental Impact Coefficient (EIQ) would be reduced by 73.6 percent, by replacing non-certified seed with certified seed in the production of MAD in Piura, as a consequence of the lower use of pesticides that contain the active ingredients Chlorpyrifos and Thiodicarb. It is advisable to replicate similar research in other products.

**Keywords:** Economic benefits, environmental impact coefficient, hard yellow corn, surplus model, partial budget, certified seed.

## I. INTRODUCCIÓN

El Maíz Amarillo Duro (*Zea mays L.*), es uno de los cereales de mayor importancia económica a nivel mundial y nacional. Según Bravo *et al.* (2019), la producción mundial de maíz amarillo duro (MAD) bordea los 1070 millones de toneladas, y los principales productores son Estados Unidos (con 372 millones de toneladas), China (256 millones de toneladas) y Brasil (94,5 millones de toneladas), es el primer cultivo del mundo, principal insumo de la industria avícola y fuente de empleo de muchas personas.

Según USDA<sup>1</sup> (2021), la producción de dicho cereal para la campaña 2021/2022 alcanzaría 1180 millones de toneladas, incrementándose en 5,4 por ciento respecto de la campaña 2020/2021 (1120 millones de toneladas), explicable por la mejora de los rendimientos mundiales del cultivo y la mayor producción de Estados Unidos y Brasil (MIDAGRI 2021). En el Perú, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego ha priorizado este cultivo transitorio en el Marco Orientador de Cultivos – MOC, para la campaña agrícola 2020 - 2021, debido a tres factores:

- (i) aporte aproximado de 3,7 por ciento al Valor Bruto de la Producción Agrícola, equivalente a 828,8 millones de soles en el 2018,
- (ii) la intensidad de mano de obra que demanda su proceso productivo y
- (iii) la superficie de siembra. El VBP agrícola del maíz amarillo duro se redujo en abril 2020, por las menores siembras registradas (-7,5 por ciento) por la pandemia del Covid-19 (MINAGRI 2020).

La siembra de maíz amarillo duro se concentra en las regiones costeras de Lambayeque, La Libertad, Piura, Ancash, Lima e Ica; y en la selva, en San Martín y Loreto; pero, según Abad (2014), los productores de este cereal cubren menos del 50 por ciento de la demanda interna, por los bajos rendimientos del cultivo; y, la demanda insatisfecha se cubre con importaciones de Estados Unidos, cuyo rendimiento alcanza más de 10 t/ha.

---

<sup>1</sup> United States Department of Agriculture - USDA

Las intenciones de siembra de MAD a nivel nacional, para la campaña 2020-2021, se estiman en 280,1 mil hectáreas, con un incremento de 1,2 por ciento respecto al promedio de las últimas cinco campañas. Piura y Lambayeque registran incrementos de las intenciones de siembra de 15,2 por ciento (17 644 ha) y 43,1 por ciento (24 926 ha) respectivamente (ENIS 2021), debido a los precios favorables, disponibilidad de agua y de mano de obra.

El Perú presenta rendimientos por hectárea menores que los de los principales países productores: Estados Unidos, China, Argentina y Brasil. El rendimiento promedio nacional en el 2020 fue 4,8 t/ha (MIDAGRI 2021). Piura alcanzó el año 2017 un rendimiento promedio de 3,7 t/ha, inferior a Lambayeque (6,6 t/ha), La Libertad (8,5 t/ha), Lima (9,3 t/ha) e Ica (9,4 t/ha), lo que se explica, en parte, por el fenómeno de “*El Niño Costero*” de dicho año. Para enero-marzo de 2019, la estadística preliminar muestra para Piura un rendimiento de 3,4 t/ha., por el uso de semilla no certificada, que ocasiona bajos ingresos de los productores (SIEA 2017; MINAGRI 2019). La literatura científica coincide en que uno de los factores que influye significativamente en el rendimiento de los cultivos es la semilla, principal insumo en la producción. Según la Ley General de Semillas, una semilla de calidad, certificada, es garantía de una buena procedencia, es decir de una variedad mejorada, obtenida por centros de investigación dedicados al mejoramiento genético, que garantiza la pureza varietal y física, un alto porcentaje de germinación y ausencia de enfermedades (Sierra *et al.* 2016).

Sin embargo, la estadística histórica agraria, refleja el bajo interés de los productores agrarios por el uso de semilla certificada. Según el INIA<sup>2</sup> (2018), la tasa de uso de semilla certificada en el Perú ha crecido, pasando de 9,3 por ciento para la campaña 2010 – 2011 a 13,4 por ciento para la campaña 2019 – 2020. Para dicha campaña, sólo el cultivo de arroz y el de algodón superaron el 50 por ciento de área atendida con semilla certificada, mientras que para el caso de maíz amarillo duro sólo 6,3 por ciento, unas 15 mil hectáreas a nivel nacional atendidas con semilla certificada, más de 90 por ciento cubierta con semilla común o grano y semilla importada (MIDAGRI 2021). Los bajos niveles de uso

---

<sup>2</sup> El Instituto Nacional de Innovación Agraria, desempeñó las funciones de Autoridad Nacional en Semillas. Mediante el Decreto Legislativo 1387 dichas funciones fueron transferidas al Servicio Nacional de Sanidad Agraria, mediante Resolución Ministerial N° 0142-2020-MIDAGRI

de semilla certificada en este cultivo, podrían explicar la baja productividad y por consiguiente, los bajos niveles de ingresos económicos de los agricultores maiceros.

La investigación se circunscribe a la región Piura, donde el maíz amarillo es un cultivo representativo, de importancia económica y social para la región, dado el número de unidades agropecuarias involucradas en la actividad productiva (20587 unidades agropecuarias dedicadas a este cultivo), mayormente en el Valle del Bajo Piura que aporta 58 por ciento de la producción total regional (CENAGRO 2012; DRAP 2018). El rendimiento del cultivo en el Valle del Bajo Piura se encuentra entre 4 y 5 toneladas por hectárea (DRAP 2018), menor a los rendimientos registrados en otras regiones maiceras que alcanzan entre 8 t/ha, 7 t/ha y 10 t/ha como es el caso de La Libertad, Ica y Lima, respectivamente.

La investigación tiene como ámbito de estudio, en la región Piura, el Valle del Bajo Piura, conformado por 11 distritos de las provincias de Piura y Sechura. La actividad económica de dicho valle se sustenta en la producción del cultivo de maíz amarillo duro. Para el año 2017, de las 16,6 mil ha cosechadas de MAD en la región, entre 50 y 60 por ciento de hectáreas cosechadas se concentran en el Bajo Piura. Según la Agencia Agraria Piura y la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico del Medio y Bajo Piura, para la campaña 2020 – 2021 se registran 6,45 mil hectáreas sembradas y 7 mil productores de maíz amarillo duro en el Bajo Piura, que tienen de 1 a 3 ha, ello revela una alta fragmentación de la tierra en los pequeños productores, lo que limita su competitividad, su poder de negociación del precio en chacra y bajos niveles de productividad.

En relación a lo expuesto, se plantea la siguiente interrogante: ¿En qué medida masificar el uso de semilla certificada de maíz amarillo duro (*Zea mays L.*) influirá en los beneficios económicos, sociales y ambientales en el Valle del Bajo Piura?.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Determinar los beneficios económicos, sociales y ambientales del uso de semillas certificadas de alto rendimiento de maíz amarillo duro (*Zea mays L.*) en el Valle del Bajo Piura.

## **Objetivos específicos**

- i) Evaluar los beneficios económicos del uso de semillas certificadas de maíz amarillo duro (*Zea mays L.*) en el Valle del Bajo Piura, a través de la metodología de presupuesto parcial.
- ii) Cuantificar los beneficios sociales del uso de semillas certificadas de maíz amarillo duro (*Zea mays L.*) en el Valle del Bajo Piura, a través de la estimación del cambio de los excedentes de la sociedad (excedente del productor y consumidor).
- iii) Evaluar los impactos ambientales del uso de semillas certificadas de maíz amarillo duro (*Zea mays L.*) en el Valle del Bajo Piura, mediante la utilización del Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ).

Según el Boletín Estadístico Mensual del MINAGRI, la producción de MAD en la región Piura, de enero a marzo del 2018, alcanzó 4 726 toneladas; para el mismo periodo en el 2019, la producción se redujo a 1,26 mil toneladas, explicado en parte por los bajos rendimientos del cultivo, 4,1 t/ha y 3,5 t/ha para el 2018 y 2019, respectivamente (MINAGRI 2019). Por otro lado, la producción de aves en dicha región registró un ligero crecimiento, ello conduce a una creciente demanda de MAD.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Dada la importancia económica del MAD como insumo principal para la producción de alimento balanceado de la industria avícola y porcina, y la relevancia social de dicho cultivo, pues involucra a unos 7 mil productores maiceros en el Valle del Bajo Piura y más de 20 mil unidades agropecuarias en la región Piura, es conveniente investigar y generar conocimiento sobre los beneficios de la adopción de tecnologías como es el uso masivo de semilla certificada, a fin de que los productores agrarios, desarrollen una actividad agrícola más productiva, que les permita cubrir la demanda nacional y local, contar con un producto competitivo y con ello obtener mayores niveles de rentabilidad.

El trabajo de investigación permitirá orientar las decisiones de política de los actores locales involucrados en la materia (sector público, academia, industria avícola, productores y semilleros), que priorice la promoción del uso de semillas mejoradas certificadas, la disponibilidad y el acceso a dichas tecnologías, a fin de garantizar una

actividad agrícola eficiente, productiva, competitiva y rentable para el Valle del Bajo Piura.

Desde el punto de vista metodológico, la investigación resulta factible, dado que se cuenta con información histórica de producción agrícola de MAD para los once distritos que conforman el valle en estudio. Asimismo, se aplicará encuestas para la generación de información primaria confiable a una muestra de productores y casas comerciales de semillas en la región.

Una limitación fue el tiempo del que disponían los agricultores para responder el formulario de encuesta, por ello no se les consultó sobre el rendimiento obtenido con diversas semillas híbridas certificadas empleadas en la zona de estudio.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

En este capítulo se evalúa la información científica sobre los beneficios económicos, sociales y ambientales del uso de semillas certificadas de maíz amarillo duro en el Valle del Bajo Piura. Se inicia con la contextualización de la producción nacional y regional de MAD, algunas definiciones de aspectos teóricos y conceptuales relacionados al tema de estudio, a fin de facilitar la comprensión del lector; asimismo, se determina un marco legal e institucional de la investigación, y finalmente se recopilarán antecedentes y se comenta los resultados de investigaciones realizadas a nivel nacional e internacional relacionadas a la materia.

### **2.1. EL CULTIVO DE MAÍZ AMARILLO DURO EN EL PERÚ**

#### **2.1.1. Contexto de la producción nacional y regional de maíz amarillo duro.**

Perú requiere anualmente 4,8 millones de toneladas de maíz amarillo duro para cubrir la demanda de la industria avícola y porcícola. El año 2018 la producción nacional de maíz amarillo duro alcanzó 1,3 millones de toneladas (MINAGRI 2019), y las importaciones procedentes de Estados Unidos, Argentina, Brasil y Bolivia totalizaron 3,5 millones de toneladas, la producción nacional sólo cubrió 27 por ciento de la demanda total nacional (AGRODATA 2018). La producción del año 2018 creció 1 por ciento respecto al año 2017. Algunas regiones redujeron su producción: Piura (-24 por ciento), La Libertad (-23 por ciento) y Lima (-28 por ciento), y otras incrementaron: Lambayeque (17 por ciento), Ancash (55 por ciento) y San Martín (21 por ciento).

Para el año 2019 se han dado reducciones en las hectáreas sembradas, debido al deterioro de los precios en chacra y los altos costos de producción, lo que desincentiva a los productores a incrementar las siembras de dicho cultivo (MINAGRI 2019). La actividad productiva de maíz amarillo duro en el Perú involucra a un poco más de 198 mil productores (CENAGRO 2012) y las regiones del norte del país tienen el mayor peso en la producción, puesto que contribuyen con un 70 por ciento del total nacional y concentran el 40 por ciento de la superficie sembrada (Diez *et al.* 2017).

En la región Piura, la actividad productiva de maíz amarillo duro es de gran importancia pues involucra a 20,58 mil unidades agropecuarias, 66 por ciento destina su producción para la venta nacional (CENAGRO 2012). En la Tabla 1 se muestra la evolución histórica (periodo 2014 -2018) de la superficie cosechada del Valle del Bajo Piura, principal valle productor de MAD en la región. Los distritos con las mayores áreas cosechadas son: La Arena (1 978 ha), Catacaos (1 261 ha) y La Unión (806 ha).

**Tabla 1: Superficie cosechada (ha) de maíz amarillo duro en Bajo Piura (2014 - 2018)**

| <b>Distritos del Valle del Bajo Piura/ Años</b> | <b>2014</b>   | <b>2015</b>   | <b>2016</b>   | <b>2017</b>   | <b>2018</b>   |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Catacaos  | 1,342         | 1,208         | 1,282         | 816           | 1,261         |
| Cura Mori                                       | 703           | 589           | 483           | 407           | 438           |
| El Tallán                                       | 530           | 661           | 643           | 355           | 361           |
| La Arena  | 2,205         | 2,496         | 2,230         | 1,690         | 1,978         |
| La Unión  | 1,023         | 1,113         | 696           | 1,612         | 806           |
| Bellavista de la Unión                          | 129           | 219           | 148           | 94            | 173           |
| Bernal  | 201           | 216           | 118           | 75            | 95            |
| Cristo Nos Valga                                | 251           | 106           | 81            | 88            | 166           |
| Rinconada Llicuar                               | 233           | 256           | 132           | 88            | 163           |
| Sechura   | 193           | 50            | 185           | 37            | 119           |
| Vice  | 100           | 130           | 127           | 44            | 104           |
| <b>Total del Valle</b>                          | <b>6,910</b>  | <b>7,044</b>  | <b>6,125</b>  | <b>5,306</b>  | <b>5,664</b>  |
| <b>Total regional</b>                           | <b>14,052</b> | <b>16,543</b> | <b>16,608</b> | <b>16,608</b> | <b>12,659</b> |
| <b>Participación (porcentaje)</b>               | <b>49.0</b>   | <b>43.0</b>   | <b>37.0</b>   | <b>32.0</b>   | <b>45.0</b>   |

Fuente: Dirección Regional de Agricultura de Piura – DRA Piura

Como se ve en la Tabla 1, la superficie regional cosechada para el 2014 fue de 14 052 ha, 49 por ciento en el Valle del Bajo Piura. Para el 2017 se totalizó 16 608 ha, 32 por ciento (5 306 has) en el Valle en estudio (DRAP 2018). Para el 2018 se redujo - 23,8 por ciento la superficie cosechada en la región, debido a las menores siembras, por los elevados stocks de este cereal en el mercado mundial, superiores a lo requerido por los importadores, lo que ha ocasionado que el precio promedio tienda a la baja y que los productores nacionales no incrementen las superficies de siembra por tener rendimientos menores a 12 t/ha (MINAGRI 2019).

En cuanto a volúmenes de producción de MAD como se muestra en la Tabla 2, en el año 2014 el Valle logró una producción de 32 778 t (DRAP 2018), el 60 por ciento de la

producción regional. Para el 2015 se observa un ligero incremento explicado por el incremento de la superficie cosechada y un ligero incremento del rendimiento. En el año 2017 el Valle registró una reducción de la producción, debido a los impactos negativos del fenómeno «El Niño» en la zona. En el 2018 la producción regional totalizó 46 845 t, viéndose reducida en (- 24 por ciento) respecto del año anterior, debido a la reducción de la superficie sembrada y cosechada. En la tabla se observa que el valle del Bajo Piura contribuye con el 58 por ciento de la producción regional. Los distritos con las mayores producciones fueron: La Arena, Catacaos y La Unión. La región ha experimentado un crecimiento en la demanda de dicho cultivo como insumo para el sector avícola. A nivel geográfico, son las regiones del norte del país las que concentran alrededor del 90 por ciento de la producción nacional avícola, sin embargo, se puede deducir que las reducciones de la producción regional de MAD han generado incapacidad para satisfacer la demanda del sector avícola y porcino, razón por la cual se han incrementado las importaciones de dicho cereal.

**Tabla 2: Producción (t) de maíz amarillo duro en el Valle del Bajo Piura (2014-2018)**

| <b>Distritos del Valle del Bajo Piura/ Años</b> | <b>2014</b>   | <b>2015</b>   | <b>2016</b>   | <b>2017</b>   | <b>2018</b>   |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Catacaos  | 6,023         | 5,783         | 5,936         | 3,840         | 5,929         |
| Cura Mori                                       | 3,651         | 3,021         | 2,269         | 1,679         | 2,210         |
| El Tallán                                       | 2,554         | 3,305         | 3,120         | 1,568         | 1,086         |
| La Arena  | 10,810        | 12,501        | 10,662        | 7,597         | 9,890         |
| La Unión  | 4,970         | 5,563         | 3,362         | 7,560         | 3,933         |
| Bellavista de la Unión                          | 571           | 1,017         | 707           | 414           | 892           |
| Bernal  | 854           | 1,098         | 542           | 341           | 502           |
| Cristo Nos Valga                                | 1,061         | 501           | 379           | 389           | 783           |
| Rinconada Llicuar                               | 1,033         | 1,174         | 621           | 358           | 866           |
| Sechura   | 819           | 244           | 879           | 164           | 576           |
| Vice  | 432           | 613           | 602           | 196           | 505           |
| <b>Total del Valle</b>                          | <b>32,778</b> | <b>34,820</b> | <b>29,079</b> | <b>24,106</b> | <b>27,172</b> |
| <b>Total regional</b>                           | <b>54,390</b> | <b>65,010</b> | <b>61,666</b> | <b>61,767</b> | <b>46,845</b> |
| <b>Participación (porcentaje)</b>               | <b>60.0</b>   | <b>54.0</b>   | <b>47.0</b>   | <b>39.0</b>   | <b>58.0</b>   |

Fuente: Dirección Regional de Agricultura de Piura – DRA Piura

Respecto a la productividad del cultivo, el rendimiento promedio nacional por hectárea de maíz amarillo duro ha pasado de 4 528 kg/ha en el 2014 a 4 900 kg/ha en el 2018. Las regiones productoras de maíz en la costa del país, como La Libertad, Lambayeque,

Ancash, Ica y Lima, han superado el rendimiento promedio nacional, logrando en el 2017, rendimientos de 8,5 a 9,3 t/ha (SIEA 2017). Sin embargo, como se observa en la Tabla 3, la región Piura ha registrado rendimientos inferiores al promedio nacional, pasando de 3 871 kg/ha en el 2014 a 3 701 kg/ha en el 2018 (DRAP 2018).

El Valle del Bajo Piura reporta rendimientos mayores al promedio regional y similares al promedio nacional, pero por debajo de los rendimientos de las otras regiones maiceras del norte del país. Según los maiceros una de las causas sería que la junta de usuarios a través de las comisiones de regantes no ha reparado los principales canales para realizar regadíos de manera normal y mejorar los rendimientos de maíz; pero, la principal causa, según los funcionarios de la Dirección Regional de Agricultura de Piura, sería el bajo uso de semilla certificada y las malas prácticas agrícolas, lo que repercute en la competitividad y rentabilidad del cultivo. También indicaron que entre las semillas de maíz que usan los productores destacan: Marginal 28T, Cargill e INIA-619 Megahíbrido.

**Tabla 3: Rendimiento (kg/ha) de maíz amarillo duro en el Bajo Piura (2014-2018)**

| <b>Distritos del Valle del Bajo Piura/ Años</b> | <b>2014</b>  | <b>2015</b>  | <b>2016</b>  | <b>2017</b>  | <b>2018</b>  |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Catacaos  | 4,488        | 4,787        | 4,630        | 4,706        | 4,702        |
| Cura Mori                                       | 5,193        | 5,129        | 4,698        | 4,125        | 5,046        |
| El Tallán                                       | 4,819        | 5,000        | 4,852        | 4,417        | 3,008        |
| La Arena  | 4,902        | 5,008        | 4,781        | 4,495        | 5,000        |
| La Unión  | 4,858        | 4,998        | 4,830        | 4,690        | 4,880        |
| Bellavista de la Unión                          | 4,426        | 4,644        | 4,777        | 4,404        | 5,156        |
| Bernal  | 4,249        | 5,083        | 4,593        | 4,547        | 5,284        |
| Cristo Nos Valga                                | 4,227        | 4,726        | 4,679        | 4,420        | 4,717        |
| Rinconada Llicuar                               | 4,433        | 4,586        | 4,705        | 4,068        | 5,313        |
| Sechura   | 4,244        | 4,880        | 4,751        | 4,432        | 4,840        |
| Vice  | 4,320        | 4,715        | 4,740        | 4,455        | 4,856        |
| <b>Promedio del Valle</b>                       | <b>4,560</b> | <b>4,869</b> | <b>4,731</b> | <b>4,433</b> | <b>4,800</b> |
| <b>Promedio regional</b>                        | <b>3,871</b> | <b>3,930</b> | <b>3,713</b> | <b>3,719</b> | <b>3,701</b> |
| <b>Promedio nacional</b>                        | <b>4,528</b> | <b>4,834</b> | <b>4,606</b> | <b>4,713</b> | <b>4,900</b> |

Fuente: Dirección Regional de Agricultura de Piura – DRA Piura

En relación a los precios en chacra de maíz amarillo duro, según muestra la Tabla 4, el precio ha experimentado incrementos y reducciones. Se registró el mayor precio en el año 2016, a nivel nacional, regional y local; por tonelada 990 soles para dicho año y se redujo para el año 2018 a 910 soles, a causa de la existencia de stocks de dicho cereal en el

mercado mundial, lo que presiona a la baja de los precios en chacra. Se observa también que los precios en chacra, pagados a los productores, en la región Piura y en el Valle del Bajo Piura fueron superiores al promedio nacional. Por otro lado, el precio promedio de importación de dicho cereal para el año 2018 fue de 194 dólares por tonelada (MINAGRI 2018), aproximadamente 640 soles la tonelada, lo que evidencia que la producción nacional no es competitiva en el mercado mundial.

**Tabla 4: Precio de chacra (Soles/kg) de maíz amarillo duro en el Bajo Piura (2014 – 2018)**

| <b>Distritos del Valle del Bajo Piura</b> | <b>2014</b> | <b>2015</b> | <b>2016</b> | <b>2017</b> | <b>2018</b> |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Catacaos                                  | 0.99        | 1.09        | 1.21        | 1.03        | 1.07        |
| Cura Mori                                 | 1.01        | 1.07        | 1.22        | 1.06        | 1.09        |
| El Tallán                                 | 1.01        | 1.09        | 1.09        | 0.97        | 1.14        |
| La Arena                                  | 0.98        | 1.02        | 1.14        | 0.99        | 1.01        |
| La Unión                                  | 0.98        | 1.02        | 1.07        | 1.23        | 1.01        |
| Bellavista de la Unión                    | 1.01        | 1.03        | 1.02        | 1.05        | 0.92        |
| Bernal                                    | 0.97        | 1.06        | 1.06        | 1.06        | 0.97        |
| Cristo Nos Valga                          | 0.94        | 1.09        | 1.08        | 1.01        | 1.05        |
| Rinconada Llicuar                         | 0.89        | 1.06        | 1.08        | 1.01        | 1.00        |
| Sechura                                   | 1.02        | 1.16        | 1.10        | 1.03        | 0.96        |
| Vice                                      | 1.00        | 1.11        | 1.02        | 1.01        | 0.90        |
| <b>Promedio del Valle</b>                 | <b>0.98</b> | <b>1.07</b> | <b>1.10</b> | <b>1.04</b> | <b>1.01</b> |
| <b>Promedio regional</b>                  | <b>0.98</b> | <b>1.01</b> | <b>1.09</b> | <b>1.04</b> | <b>1.05</b> |
| <b>Promedio nacional</b>                  | <b>0.90</b> | <b>0.90</b> | <b>0.99</b> | <b>0.94</b> | <b>0.91</b> |

Fuente: Dirección Regional de Agricultura de Piura – DRA Piura

De la información mostrada se infiere que la oferta a nivel nacional y regional de maíz amarillo es deficitaria, no cubre la demanda, por lo que es necesario incrementar el uso de semilla certificada, lo que garantizará incrementos de la productividad del cultivo y con ello la rentabilidad en beneficio de los productores maiceros del valle y de la región.

### **2.1.2. Tasa de uso de semilla certificada en el Perú**

En el Perú el sistema formal de semillas de calidad, ofrece certificación de semillas a los cultivos de arroz, algodón, leguminosas de grano (frijol, caupí, arveja, haba), maíz amarillo duro, maíz amiláceo, papa, cereales (trigo, cebada, avena) y quinua. El cultivo que presenta la mayor tasa de uso de semilla certificada es el arroz (53 por ciento), seguido del algodón (16,42 por ciento) y en tercer lugar el maíz amarillo duro con 5,77 por ciento para la campaña 2017-2018, es decir, del total nacional de superficie sembrada de MAD

en dicha campaña (309 994 ha), el área atendida con semilla certificada alcanzó las 17 597 ha.

Como se observa en la Tabla 5, la tasa de uso de semilla certificada de maíz amarillo duro en el Perú es muy baja, inclusive ha mostrado abruptas caídas, la tasa más baja se registró en la campaña 2014-2015 con 3,35 por ciento y la más alta en la campaña 2016-2017 con 9,01 por ciento. Para la campaña agrícola 2019-2020, según la Autoridad en Semillas, SENASA, se registra una tasa de uso de semilla certificada de 6.3 por ciento para el cultivo de estudio. En ese sentido, se puede inferir que, en el Perú, tanto la disponibilidad (oferta) como la demanda de semillas de calidad (certificadas) de maíz amarillo duro es muy restringida, pese a los esfuerzos de las entidades competentes en la promoción y difusión de la importancia del uso de semilla certificada.

**Tabla 5: Tasa de uso de semilla certificada de MAD en el Perú (porcentaje)**

| <b>Campaña agrícola</b> | <b>Área nacional sembrada de MAD (ha)</b> | <b>Área atendida con semilla certificada (ha)</b> | <b>Semilla producida (t)</b> | <b>Tasa de uso (porcentaje)</b> |
|-------------------------|---|---|------------------------------|---------------------------------|
| 2013-2014               | 319,054.00                                | 24,979.20   | 624.48                       | 7.83                            |
| 2014-2015               | 329,571.00                                | 11,050.90   | 276.27                       | 3.35                            |
| 2015-2016               | 329,952.00                                | 17,987.00   | 449.67                       | 5.45                            |
| 2016-2017               | 334,876.50                                | 30,188.60   | 754.71                       | 9.01                            |
| 2017-2018               | 304,994.00                                | 17,597.60   | 439.94                       | 5.77                            |
| 2018-2019               | 256,376.00                                | 14,947.00   | 374.00                       | 5.83                            |
| 2019-2020               | 238,429.00                                | 15,052.00   | 376.00                       | 6.31                            |

Fuente: Programa Especial de la Autoridad en Semillas SENASA - MIDAGRI

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Factores que determinan los incrementos de productividad y rentabilidad del cultivo de maíz**

Según IICA (2015), a lo largo de los años los avances tecnológicos en el sector agrícola han tenido como meta la mejora de los procesos de siembra, cultivo y cosecha; sin embargo, es la alimentación humana; y por consiguiente, la seguridad alimentaria para una población cada vez más creciente el principal objetivo de los avances tecnológicos que constantemente han buscado incrementar la productividad de la actividad agrícola a nivel mundial. Además de velar por la seguridad alimentaria, el sector agrícola es el

encargado de atender las demandas de insumos agrícolas que se generan en los diversos sectores (sector manufacturero, minería, servicios), para lo cual es necesario incrementar los niveles de productividad. En los últimos 25 años, América Latina ha conseguido incrementar la producción agrícola sin aumentar significativamente la superficie arable, ello indica que los incrementos de la producción han sido resultado de la adopción y uso de nuevas tecnologías; por tanto, existen factores que influyen significativamente en la productividad de los cultivos.

En relación al cultivo de maíz, Espinoza y García (2009), citados por Boada y Espinosa (2016), sostienen que un factor clave a tener en cuenta para garantizar el rendimiento del maíz es el análisis de suelos como herramienta de diagnóstico que permite determinar las cantidades necesarias y óptimas de nutrientes para mantener el rendimiento del cultivo.

Estos autores, indican que el uso de técnicas eficientes de manejo de suelos, como la siembra directa, afectan positivamente la producción de maíz, dado que con dicha técnica las plantas se distribuyen de manera uniforme en el campo lo que permite lograr incrementos importantes de producción de grano y contribuye favorablemente a mejorar los aspectos económicos de la agricultura familiar. En adición, Mokma y Sietz (1992), citados por IICA (2015), argumentan que el suelo es el recurso fundamental para el desarrollo agrícola y sustentabilidad, dado que brinda el sustrato para la producción de alimentos; en ese sentido, muestran que la productividad del maíz, puede verse reducida en un 21 por ciento en suelos erosionados, por su deficiente capacidad para retener agua; provocando deficiencias en la fertilidad del suelo y, por consiguiente en la capacidad de sostener una agricultura productiva.

Para FAO (2016), está demostrado que las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), es decir el conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas aplicables a la producción agrícola, que conservan los recursos naturales, también incrementan la productividad agrícola e impactan positivamente en el flujo de los servicios ecosistémicos. En tal sentido, mediante las BPA, además de buscar reducir la contaminación (mediante el uso racional de agroquímicos), conservar la biodiversidad y valorizar los recursos naturales como el suelo y el agua, también beneficia al productor ya que se mantiene una mayor

productividad a largo plazo, al evitar la pérdida de fertilidad de los suelos y la contaminación de aguas y suelo.

Existe consenso científico que el principal insumo y factor determinante de la productividad de la actividad agrícola es la semilla, este insumo juega un rol clave y fundamental en la alimentación de los seres vivos y en la propagación, multiplicación y conservación de las especies, lo que la convierte en un insumo valioso e imprescindible para la supervivencia y específicamente para la producción en la actividad agrícola. El uso de semillas mejoradas constituye otra forma importante de incrementar la productividad del maíz.

Los sistemas productivos requieren variedades más productivas, que usen de forma más eficiente los nutrientes y el recurso hídrico, con mayor resistencia a enfermedades y plagas y más tolerantes a las sequías, las inundaciones, el aumento de las temperaturas, es decir a los efectos del cambio climático (FAO 2016). La semilla de maíz híbrido proporciona a los agricultores características genéticas mejoradas, como alto potencial de rendimiento y combinaciones de caracteres específicos para combatir las enfermedades y condiciones adversas (MacRobert *et al.* 2015). Para el IICA, es muy importante usar semilla de alta germinación (mínimo 85 por ciento) y de pureza varietal. Para el caso de maíces híbridos, es recomendable adquirir nueva semilla para cada siembra, dado que en las subsiguientes siembras se pierde el vigor híbrido y se reduce el rendimiento de la semilla.

La literatura científica señala que usar semillas certificadas de variedades mejoradas es uno de los factores básicos para incrementar la productividad y la calidad de la producción agrícola y, así, aumentar los ingresos económicos de los agricultores (Sofijanová *et al.* 2012); cuando la semilla posee óptimas cualidades físicas, fisiológicas, sanitarias y genéticas, los productores tienen mejores perspectivas para producir un cultivo de calidad, saludable y con altos rendimientos, mejores a los de una semilla común o no certificada. Una semilla de alta calidad es de suma importancia para obtener rendimientos superiores aún bajo condiciones adversas, aunque la lluvia, las prácticas agronómicas, la fertilidad del suelo y el control de plagas son también cruciales (FAO 2011).

### 2.2.2. Conceptualización de semilla híbrida y semilla certificada

**a. Semilla híbrida:** resulta del cruzamiento específico de una progenitora hembra (que produce la semilla) y un progenitor macho (productor de polen), es decir, una semilla híbrida es el resultado de la fecundación de una planta con otra genéticamente no emparentada. Una planta hembra es cruzada con una macho, para lo cual se le quita las espigas a la planta hembra antes de la emisión de estigmas, las plantas masculinas producen el polen y fecundan los estigmas; así se obtiene una semilla híbrida de una configuración genética única, que produce una planta con características específicas como madurez, resistencia a enfermedades y plagas, determinado color de grano, calidad de procesamiento, rendimiento mayor al de los progenitores, conocido como «*vigor híbrido*», principal característica que robustece a los híbridos y beneficia a los agricultores en términos de productividad del cultivo (MacRobert *et al.* 2015).

**b. Semilla certificada:** obtenida a partir de la semilla genética, o de fundación o de semilla registrada, que cumple los requisitos mínimos establecidos en el reglamento específico de la especie y que ha sido sometida a un proceso de certificación, que es el proceso de verificación de la identidad, la producción, el acondicionamiento y la calidad de las mismas, en concordancia con la normativa (MINAGRI 2012)<sup>3</sup>, dicha semilla debe conservar su identidad genética, pureza varietal y satisfacer las normas de calidad, pues es la que se comercializa y distribuye a los productores (Doria 2010).

### 2.2.3. Importancia del uso de semilla certificada

A fin de garantizar altos niveles de productividad y calidad de la agricultura, las entidades competentes en la promoción del desarrollo agrario han impulsado el uso de semilla certificada. Para Bogdanović *et al.* (2015), la utilización del potencial genético de las variedades e híbridos para la obtención de calidad del cultivo y mayores rendimientos se logra con el uso de semillas certificadas, que son requisito previo para los agricultores que buscan rendimientos superiores y mejores ingresos, porque la semilla certificada podría incrementar el rendimiento de los cultivos de 10 por ciento a 30 por ciento. En estas semillas predomina la uniformidad en tamaño de las plantas, lo que no se da en las semillas no certificadas o comunes. La semilla de calidad, analizada en laboratorios

---

<sup>3</sup> Decreto Supremo N°006-2012-AG, Reglamento de la Ley N°27262, Ley General de Semillas

acreditados, evita la propagación de malezas y aparición de enfermedades y plagas, reduciendo el uso de herbicidas y de insecticidas, y aminorando, en consecuencia, los costos fitosanitarios del cultivo, lo que no ocurre con la semilla no certificada, generalmente almacenada en instalaciones inadecuadas, por lo que suelen infectarse con insectos y enfermedades.

#### **2.2.4. El riesgo en la producción agrícola**

Toda actividad económica y productiva implica riesgos. La actividad agrícola, a diferencia de otras actividades económicas, se caracteriza principalmente porque su producción, es una variable aleatoria, influenciada por aspectos climáticos y depende de procesos bióticos y abióticos (Lavell 2014, citado por IICA 2015). La producción agrícola es afectada por los precios de los insumos agrícolas, los rendimientos, la tecnología, así como el comportamiento de los mercados mundiales, la oferta y la demanda, y finalmente políticas gubernamentales (USDA 2018).

Al respecto, Hurley (2010), manifiesta que la producción agrícola es una actividad físicamente exigente, al someter a los agricultores a riesgos sanitarios, al exponerlos a productos químicos altamente tóxicos usados en el control fitosanitario. Cabe precisar que la producción agropecuaria se enfrenta a una variedad mucho más amplia de factores que puede impactar en la rentabilidad de las unidades agropecuarias. En ese sentido, existe consenso científico en que el riesgo, y por ende el análisis de riesgo, bajo condiciones de incertidumbre se convierte en un aspecto importante a ser considerado para la adecuada toma de decisiones de producción agrícola, tanto por parte de los productores como de las instituciones gubernamentales que tienen competencia en el diseño de políticas o decisiones de inversiones en materia de desarrollo agrícola.

La literatura revisada señala la diferencia entre incertidumbre y riesgo en la toma de decisiones:

- a. Riesgo:** cuando identifica los posibles eventos y/o resultados, y se puede asignar una distribución de probabilidad; es decir, a partir de información de variables de naturaleza aleatoria, se pueden conocer las probabilidades de ocurrencia de determinados eventos (Contreras 2009).

- b. Incertidumbre:** Contreras (2009), señala que la incertidumbre se refiere a la imposibilidad de asignar probabilidades de ocurrencia de un determinado evento, es decir la incertidumbre no es medible, dado que no se cuenta con información, o la información disponible es inexacta, asimétrica, sesgada, falsa o contradictoria. Para Douglas (1983), citado por Aragaki (2014), en condiciones de incertidumbre, los posibles resultados no son conocidos a priori.

### **2.2.5. Análisis de riesgo**

Para Fiorito (2006), citado por Escalante (2018), el análisis de riesgo implica el uso de métodos tanto cualitativos o cuantitativos que permiten evaluar el impacto del riesgo en la toma de decisiones. El objetivo de dichos métodos es proporcionar a los tomadores de decisión, sean productores, empresarios o instituciones públicas información a priori sobre los posibles resultados y las probabilidades de ocurrencia de los mismos, a fin de decidir por la alternativa que presenta la mayor productividad y rentabilidad.

Según Corrar (1993), citado por Da Silva (2017), existen dos enfoques principales para determinar la rentabilidad de las actividades económicas, por un lado el enfoque basado en un modelo determinista, que considera que, a partir de un determinado valor de entrada para las variables claves que intervienen en el modelo, se obtiene un valor de beneficio inequívoco; y por otro lado, el enfoque basado en un modelo probabilístico o estocástico, que toma en cuenta el riesgo, y considera que para cada variable de entrada existe una distribución de probabilidad de los valores a asumir por esta variable. El autor señala que, para la evaluación o análisis de la rentabilidad de los sistemas de producción agrícola, el uso de métodos probabilísticos es la mejor alternativa para obtener mejores resultados, que garanticen una adecuada toma de decisiones de producción. Para la resolución de los modelos probabilísticos se realizan simulaciones, ya que permite trabajar con las diversas formas de distribución de probabilidades y dependencia entre las variables.

El *Método de Monte Carlo* es citado en la literatura como uno de los más efectivos métodos de simulación, la aleatoriedad de este muestreo supone la obtención de muestras de diversas partes de la distribución de probabilidades, las cuales son fiables si se realiza un gran número de iteraciones, porque se genera infinidad de escenarios. Para este método es fundamental determinar las variables probabilísticas acorde al modelo específico y a

los objetivos de la investigación. La simulación de Monte Carlo, proporciona la probabilidad de ocurrencia y no ocurrencia de un fenómeno, así como los resultados esperados (Contreras 2009; Manzanares 2009 y Da Silva 2017).

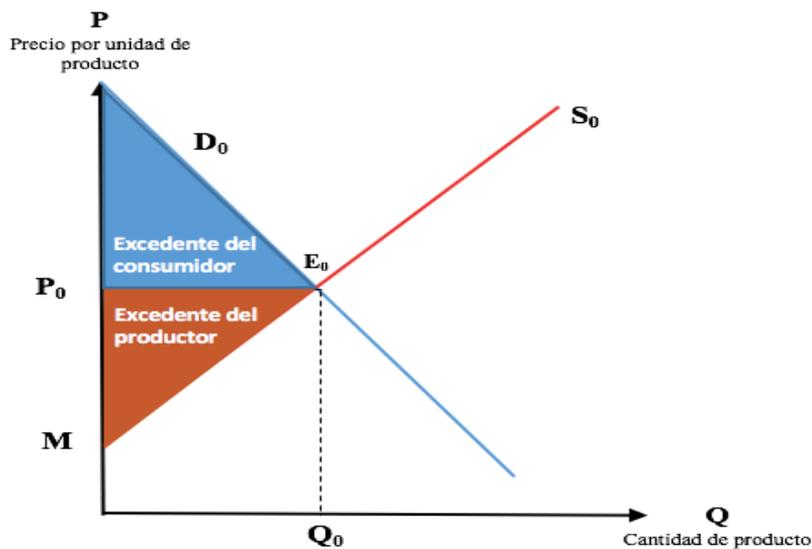
#### **2.2.6. Modelo de Excedentes Económicos**

El modelo de excedentes económicos es la base de la mayoría de métodos usados por la ciencia económica para realizar estimaciones de beneficios y costos de la investigación agrícola, y para determinar las prioridades de investigación en las instituciones, dado que los recursos públicos destinados a la investigación y generación de nuevas tecnologías son escasos y las necesidades de la población son numerosas y crecientes.

Según Alston *et al.* (1995), el modelo de excedentes económicos permite evaluar el potencial económico de las nuevas tecnologías (evaluación *ex ante* o *previa*), medidos como los excedentes económicos de productores y consumidores, así como los beneficios económicos una vez adoptada y difundida una tecnología (evaluación *ex post*). Asimismo, permite estimar indicadores de la rentabilidad social de las inversiones en investigaciones y desarrollo de nuevas tecnologías, como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el índice de Beneficio/Costo (B/C).

#### **Modelo teórico**

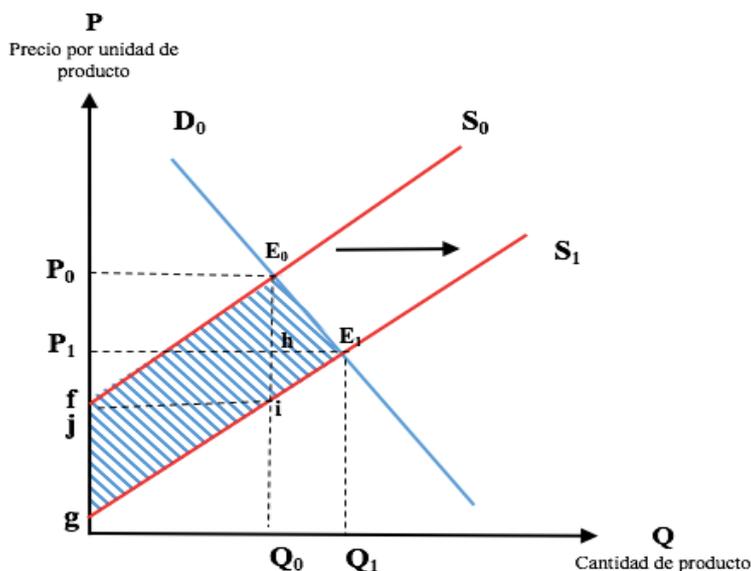
El modelo de excedentes económicos se basa en la teoría de Marshall que postula que los cambios de excedentes económicos se generan por desplazamientos de las curvas de oferta y demanda a lo largo del tiempo. Suponiendo un mercado en equilibrio como lo muestra la Figura 1, el excedente del consumidor es la cantidad que un comprador está dispuesto a pagar por un bien menos lo que paga realmente: el área situada por debajo de la curva de demanda y por encima del precio ( $P_0E_0D_0$ ), y el excedente del productor es la cantidad que recibe el vendedor menos el costo de producción, área situada por encima de la curva de oferta y por debajo del precio ( $P_0E_0M$ ); y, el excedente económico o bienestar de la sociedad en su conjunto es la suma de ambas áreas (Rivas *et al.* 1992).



**Figura 1: Excedente del consumidor y productor**

Fuente: Alston *et al.* (1995) y Rivas *et al.* (1992)

La Figura 2 muestra que el desplazamiento de la curva de oferta hacia la derecha (debido a cambios tecnológicos) genera excedentes económicos a productores y consumidores, es decir, el nivel y la distribución de dichos excedentes es determinado en gran medida por el desplazamiento de las curvas de oferta y demanda, de sus elasticidades precio y del precio mínimo de oferta (Alston *et al.* 1995; Rivas *et al.* 1992).



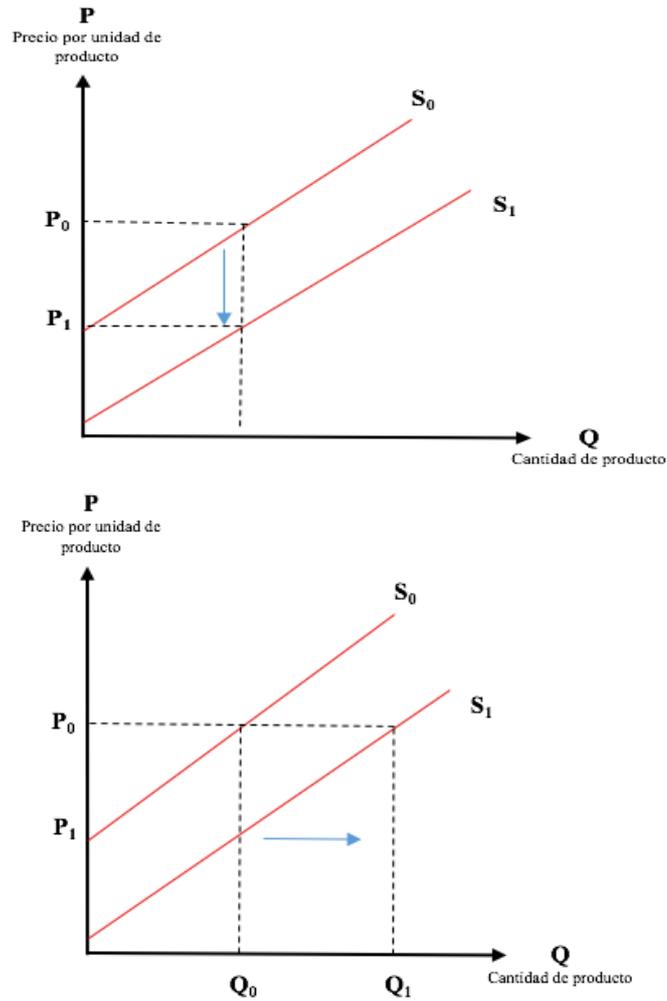
**Figura 2: Desplazamiento de la curva de oferta**

Fuente: Alston *et al.* (1995) y Rivas *et al.* (1992)

Como se muestra en la Figura 2, dado un cambio tecnológico en la producción de bienes, se genera un traslado de la curva de oferta ( $S_0$ ) hacia la derecha ( $S_1$ ), manteniendo constante todos los factores adicionales que afectan la oferta,  $S_0$  y  $S_1$  representa el suministro del producto en el mercado antes y después de un cambio tecnológico, respectivamente.

Tomando en cuenta que la demanda permanece constante, el equilibrio del mercado pasa de  $E_0$  a  $E_1$ . En este nuevo equilibrio, los consumidores ganan dado que consumen una cantidad mayor, pasando de  $Q_0$  a  $Q_1$  a un menor precio de  $P_0$  a  $P_1$ . La ganancia de los consumidores (excedente de los consumidores) se representa por el área  $P_0P_1E_0E_1$ . La ganancia de los productores (excedente de los productores) está representada por el área  $MHE_1$ , y el excedente de la sociedad se representa por el área sombreada en la figura  $ME_0E_1$ .

Como se muestra en la figura 3, el traslado de la curva de oferta hacia la derecha, dada una innovación tecnológica, puede darse por dos motivos, un aumento en la productividad (reducción del costo unitario de producción en  $K$  unidades monetarias), o por un incremento en la producción.



**Figura 3: Impactos en costos y producción**

Fuente: Alston *et al.* (1995) y Rivas *et al.* (1992)

### Modelo Matemático

Alston *et al.* (1995), presentan las ecuaciones matemáticas genéricas para estimar los cambios que experimentan los productores y consumidores en sus excedentes económicos. Para cualquier espacio y tiempo los beneficios económicos del productor, del consumidor y de la sociedad en conjunto se calculan con estas ecuaciones matemáticas.

$$\text{Cambio en el Excedente del Consumidor} \rightarrow \Delta EC = P_0 Q_0 Z (1 + 0.5Z\eta) \quad \dots (1)$$

$$\text{Cambio en el Excedente del Productor} \rightarrow \Delta EP = (K - Z)P_0 Q_0 (1 + 0.5Z\eta) \quad \dots (2)$$

$$\text{Cambio en los Excedentes Totales} \rightarrow \Delta ET = \Delta EC + \Delta EP \quad \dots (3)$$

Tamaño proporcional del desplazamiento de la oferta

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

Reducción en el precio, relativo al valor inicial debido al cambio producido en la oferta

$$Z = K\varepsilon / (\varepsilon + \eta)$$

Donde:

$P_0$  : Precio inicial sin innovación tecnológica

$Q_0$  : Cantidad inicial sin innovación

$C_0$  : Cantidad consumida sin innovación

$\eta$  : Valor absoluto de la elasticidad precio de la demanda

$Z$  : Reducción en el precio, relativo al valor inicial debido al cambio en la oferta

$\varepsilon$  : Elasticidad precio de la oferta

$\Delta Y$  : Variación en los rendimientos, relativo al valor inicial debido a la adopción de la innovación tecnológica (es decir, al uso masivo de semilla certificada de MAD)

$\Delta C$  : Variación en los costos, relativo al valor inicial generado por la innovación tecnológica

$A$  : Tasa de adopción

$R$  : Probabilidad de éxito de la innovación tecnológica

$D$  : Tasa de depreciación

El modelo asume ecuaciones lineales tanto de la función de oferta como la función de demanda por lo tanto el cálculo de la ecuación del EC, ecuación número (1), se derivó del siguiente desarrollo algebraico.

### **Equilibrio sin innovación tecnológica**

Función de oferta:  $Q_s = \alpha + \beta P$

Función de demanda:  $Q_d = \gamma + \delta P$

Igualando y despejando precio de equilibrio:  $P_0 = (\gamma - \alpha) / (\beta + \delta)$

Cuando se da la innovación o cambio tecnológico la curva de oferta se desplaza verticalmente en  $K$  unidades (se asume el caso de reducción del costo unitario de producción)

### Equilibrio con innovación tecnológica

Función de oferta:  $Q_s = \alpha + \beta(P + K)$

Función de demanda:  $Q_d = \gamma + \delta P$

Igualando y despejando el precio de equilibrio:  $P_1 = \frac{(\gamma - \alpha - \beta K)}{(\beta + \delta)}$

La tasa de cambio en la oferta es:  $k = K/P_0$ , se despeja  $K$  y se obtiene  $K = kP_0$ , se reemplaza en el nuevo precio de equilibrio  $P_1$

$$P_1 = \frac{(\gamma - \alpha - \beta k P_0)}{(\beta + \delta)}$$

Se obtiene la tasa de cambio de los precios en valor absoluto:

$$P_1 - P_0 = \frac{-\beta k P_0}{(\beta + \delta)} \rightarrow \frac{-(P_1 - P_0)}{P_0} = \frac{\beta k}{(\beta + \delta)}$$

Se convierte las pendientes en elasticidades multiplicando el numerador y el denominador por  $P_0/Q_0$ ; y resulta  $Z = \frac{K\varepsilon}{(\varepsilon + \eta)}$ , donde  $\varepsilon$  es la elasticidad precio de la oferta y  $\eta$  es el valor absoluto de la elasticidad precio de la demanda.

### Cambio en el Excedente del Consumidor

Es la suma de las áreas “ $P_0E_0hP_1$ ” y “ $E_0hE_1$ ” en la Figura 2, entonces:

$$\Delta EC = (P_0 - P_1)Q_0 + 0.5(P_0 - P_1)(Q_1 - Q_0) = (P_0 - P_1)Q_0[1 + 0.5(Q_1 - Q_0)/Q_0]$$

Usamos  $Z = \frac{-(P_1 - P_0)}{P_0}$  y  $Z\eta = \frac{(Q_1 - Q_0)}{Q_0}$ ; se reemplaza en

$\Delta EC$  y se obtiene:

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

### Cambio en el Excedente del Productor

Está representado por el área “ $P_1E_1ij$ ” en la Figura 2, bajo el supuesto de un cambio paralelo en la oferta:

$$\Delta EP = (P_1 - j)Q_0 + 0.5(P_1 - j)(Q_1 - Q_0) = (P_1 - j)Q_0[1 + 0.5(Q_1 - Q_0)/Q_0]$$

Si se define que  $P_1 - j = (P_0 - j) - (P_0 - P_1) = kP_0 - ZP_0$  ; y que  $Z\eta = \frac{(Q_1 - Q_0)}{Q_0}$  se obtiene:

$$\Delta EP = P_0 Q_0 (k - Z)(1 + 0.5Z\eta)$$

**Cambio en los Excedentes Totales:**  $\Delta ET = \Delta EC + \Delta EP = Q_0 k(1 + 0.5Z\eta)$

### 2.2.7. Metodología del Coeficiente de Impacto Ambiental para medir el impacto del uso de agroquímicos (insecticidas)

Según la encuesta de CENAGRO (2012), la región Piura presenta un alto uso de insumos agrícolas, principalmente agroquímicos para el control de hongos, plagas y enfermedades que frecuentemente afectan la producción agrícola, la estadística muestra que 59,3 por ciento del total de unidades agropecuarias de la región usa fertilizantes químicos, el 51,6 por ciento insecticidas químicos, el 40,5 por ciento herbicidas y el 37,5 por ciento usa fungicidas.

En relación al maíz amarillo duro, según los costos de producción preliminares de dicho cultivo para la zona de estudio, información proporcionada por la Dirección Regional de Agricultura de Piura, entre los agroquímicos que usan los maiceros se pueden citar:

- Insecticidas: Baytroide (combate el gusano cogollero), Clorpirifhos, Lorpirifhos, Sevemin.
- Fungicida: Vitavax (aplicado a la semilla antes de la siembra)
- Fertilizantes: Fosfato Diamónico y Sulfato de Potasio

Los plaguicidas son químicos muy empleados en la agricultura, y factor importante para el crecimiento de la productividad agrícola y para el control de plagas, toda vez que su aplicación sea la adecuada tanto en cantidad y dosis, sin embargo existe una constante preocupación debido a los efectos secundarios y el mal uso de estos plaguicidas (Guillén y La Rosa 2019), dado que si se aplica en exceso puede tener efectos nocivos en la productividad de los cultivos, calidad de los mismos y efectos negativos en el medio ambiente. Los riesgos asociados al uso de estos plaguicidas no solo se relacionan con alteraciones en el medio ambiente, sino también están estrechamente ligados a la salud de los seres humanos, ya sea por exposición aguda o crónica. Los efectos varían de

acuerdo al tipo de plaguicida empleado (Van Hemmen 1993; Devine *et al.* 2008, citados por Guerrero 2018).

La investigación contempla como uno de los objetivos específicos determinar los beneficios ambientales derivados del uso de una semilla certificada de maíz amarillo duro en el Valle del Bajo Piura. Entre las metodologías para la medición de los impactos ambientales, la literatura destaca el Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ, por sus siglas en inglés), desarrollada por la Universidad de Cornell (Kovach *et al.* 2004, citados por PRIICA 2017). El autor precisa que el **EIQ** es un indicador que permite valorar el riesgo potencial causado por el uso de pesticidas o plaguicidas en cultivos agrícolas a los agricultores que los aplican, a los consumidores y al componente ecológico.

El cálculo del EIQ está basado en una ponderación que permite evaluar el riesgo ambiental y de salud de un sistema de aplicación de plaguicidas, para ello se usan datos de toxicidad e información de parámetros químicos y de esa manera se genera un coeficiente compuesto del impacto para cada uno de los plaguicidas utilizados (Kovach *et al.* 1992; Guillén y La Rosa 2019 y Mogollón 2015).

La ecuación para calcular el EIQ es:

$$\frac{\{C[(DT*5)+(DT*P)]+[C*((S+P)/2)*SY)+(L)]+[F*R)+(D*((S+P)/2)*3)+(Z*P*3)+(B*P*5)]\}}{3}$$


Efecto agricultor
Efecto consumidor
Efecto medio ambiente

Donde:

DT: Toxicidad cutánea

C: Toxicidad crónica

SY: Sistemática

F: Toxicidad de peces

L: Potencial de Lixiviación

R: Superficie de pérdida del potencial

D: Toxicidad de aves

S: Vida media de suelo

Z: Toxicidad en abeja

B: Toxicidad en artrópodos

P: Vida media en la planta

Conocido el EIQ de los plaguicidas comercializados, el valor del EIQ en campo se puede calcular a partir de información sobre tipo de plaguicida empleado, dosis, la frecuencia de las aplicaciones realizadas por los agricultores y el componente activo de cada

plaguicida, a fin de realizar una comparación del impacto ambiental antes de un cambio tecnológico respecto al impacto generado por la adopción del cambio tecnológico.

$$EIQ_{campo} = EIQ * (\text{Porcentaje de Componente activo}) * (\text{Dosis}) * (\text{Número de aplicaciones})$$

El  $EIQ_{campo}$  se calcula para cada plaguicida empleado por el agricultor, dicho indicador viene a ser la tasa de impacto ambiental de cada plaguicida utilizado, las cuales se proceden a sumar, resultando la tasa de impacto ambiental total, la cual finalmente es utilizada comparativamente y permite decidir sobre la tecnología que genera menos contaminación (Kovach *et al.* 1992, citados por Llumiquinga 2009).

La literatura demuestra que en Estados Unidos la adopción de semillas genéticamente modificadas de maíz amarillo duro en el 2012, redujo el uso de pesticidas y por ende el EIQ, en 80 por ciento y 54,7 por ciento, respectivamente. Estudios realizados en Canadá, España y Brasil evidenciaron una reducción significativa del EIQ en 20,7 por ciento, 20 por ciento y 21,5 por ciento, respectivamente, gracias a la adopción de semillas transgénicas de MAD (Mogollón 2015).

## **2.3. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL**

### **2.3.1. Marco legal**

La importancia de las semillas como principal insumo agrícola ha contribuido a la formación de un mercado de semillas, cuyo desarrollo demanda leyes y normas que regulen la producción, certificación y comercialización de dicho insumo. Entre las principales normas en materia de semillas que rigen en el Perú se puede mencionar:

- Decreto Supremo N° 010-2014-MINAGRI, Reglamento de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Innovación Agraria.

Art 50, inciso

*b) Elaborar y proponer normas y ejercer las funciones de autoridad administrativa y de registro en las siguientes materias: Producción, certificación y comercialización de semillas de calidad.*

Art 59. Inciso:

*f), Dirigir la producción de semillas, plantones y reproductores de alto valor genético en las cantidades y calidades contempladas en el Plan Nacional de Innovación Agraria*

*g) Dirigir las actividades de innovación del INIA en la generación y comprobación de tecnologías, transferencia de resultados, transferencia de tecnología, asistencia técnica, capacitación, difusión tecnológica agraria, así como la producción de semillas, plántones y reproductores de alto valor genético; y, la evaluación de adopción de tecnologías.*

- Resolución Jefatural N° 00166-2009-INIA, del 03 de julio de 2009, mediante el cual se aprueban los nuevos reglamentos específicos por cultivos. Dicha resolución aprobó normas para la producción, certificación y comercio de semilla de algodón, arroz, maíz, papa, trigo, cebada y avena.
- Ley N° 27262 – Ley General de Semillas modificada por el Decreto Legislativo N° 1080 y el Decreto Supremo N° 006-2012-AG, del 01 de junio de 2012, mediante el cual se aprueba el reglamento de Semillas. Dicha ley constituye el marco jurídico para la promoción, supervisión y regulación de las actividades relacionadas a la investigación, producción, certificación y comercialización de semillas de calidad.
- Decreto Legislativo N° 1060, que regula el Sistema Nacional de Innovación Agraria.
- Decreto Legislativo N° 1387, del 4 de setiembre de 2018, que fortalece las competencias, las funciones de supervisión, fiscalización y sanción y la rectoría del Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA, mediante el cual el Ministerio de Agricultura y Riego delega las funciones de Autoridad en Semillas al SENASA.
- Resolución Ministerial N° 0142-2020-MINAGRI, del 17 de junio del 2020, mediante la cual se da por concluido el proceso de transferencia de las funciones de la Autoridad en Semillas del INIA al SENASA.

### **2.3.2. Marco institucional**

A lo largo de los años el maíz se ha constituido como uno de los elementos más importantes no solo en la canasta alimenticia, como cereal principal para la seguridad

alimentaria en los países en desarrollo, sino también como principal renglón económico, dado que sustenta las economías de regiones, comunidades y familias que dedican la mayor parte de su producción para la venta, por lo que ha sido necesario incrementar los niveles de producción, a través del incremento del rendimiento del cultivo, con el objetivo de cubrir la demanda mundial de dicho cereal, combatir la hambruna, reducir la pobreza e incrementar los niveles de ingreso de los agricultores dedicados a la producción de este cereal. En ese sentido, instituciones gubernamentales, empresa privada y academia, han desarrollado investigaciones científicas de ciencia aplicada relacionadas al desarrollo del cultivo de maíz.

A nivel internacional el Centro de Investigación más destacado que tiene competencia directa es el **Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo – CIMMYT**. Dicho centro ha contribuido en desarrollar y distribuir semillas mejoradas de maíz e híbridos de maíz de alto rendimiento genético, combinando la tolerancia al estrés múltiple, eficiencia en el uso de nutrientes, calidad nutricional mejorada y propiedades deseables de producción de semillas, a socios y colaboradores de todo el mundo, impactando de esta forma en la seguridad alimentaria, los ingresos económicos y los medios de vida de millones de pequeños agricultores y sus familias principalmente en el África Subsahariana, Asia y América Latina. El trabajo de mejoramiento de maíz por parte del CIMMYT, tiene como principal objetivo desarrollar híbridos de mejor calidad, con un mejor rendimiento del grano, resistentes a las principales malezas, enfermedades y plagas, mayor calidad nutricional, y resistentes a los efectos del cambio climático (CIMMYT 2019).

A nivel nacional, la entidad gubernamental que tiene competencia en la materia es el **Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA**, ente adscrito al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, el citado instituto a través del Programa Nacional de Maíz y Trigo, es el encargado de contribuir al incremento de la producción y reducir por ende los volúmenes importados de maíz amarillo duro, adicionalmente ejecuta actividades de investigación orientadas a la obtención de variedades mejoradas e híbridos modernos, con alto rendimiento de grano (10 t/ha) y buena estabilidad productiva en los valles de la costa del país, con resistencia o tolerancia al estrés hídrico y calor; asimismo, desarrolla y pone a disposición tecnologías de manejo integrado y post cosecha, de acuerdo a las realidades de los productores, a fin de mejorar la calidad de vida de los agricultores y de sus familias

(INIA). En adición a ello, el INIA ha desempeñado las funciones de Autoridad en Semillas, encargándose de la producción, certificación y comercialización de semillas, realizando actividades de promoción del uso de semilla certificada, y de las actividades de regulación del mercado de semillas. Actualmente, **el Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA, ejerce como Autoridad en Semillas**, sin embargo, la certificación es realizada también por entes privados, autorizados por dicha autoridad en su momento: Comités Regionales o Departamentales de Semillas (CODESE o CORESE) en Arequipa, Ica, Lambayeque, La Libertad, Lima, Piura y San Martín, La Municipalidad Distrital de Huasahuasi y otras compañías privadas como la empresa Certificadora Seed Genetic EIRL, y la Empresa Certificados GVR SAC.

#### **2.4. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

La revisión de la producción científica muestra que a nivel internacional y nacional se han desarrollado evaluaciones de innovaciones tecnológicas en el sector agrario, principalmente se han estudiado los beneficios derivados de la adopción de nuevas tecnologías como la liberación y uso de semillas mejoradas y semillas certificadas para diversos cultivos, por lo tanto existe una línea de investigación orientada a estudiar las innovaciones tecnológicas desarrolladas de los principales cultivos comerciales, principalmente cereales como el arroz, maíz y trigo.

En la literatura internacional se puede mencionar a Sofijanov *et al.* (2012), cuyo objetivo fue determinar los beneficios económicos de la producción de trigo utilizando semillas certificadas y no certificadas en la región de Ovcepole en la República de Macedonia. Compararon los costos de producción, la productividad, el margen bruto y beneficios económicos obtenidos por los productores que usaron semilla certificada y no certificada usando la metodología de “*Enterprises Budget*”. Aplicaron una encuesta a 22 productores de trigo, (10 de ellos usaban semilla no certificada de trigo y 12 producían con semilla certificada). Entre los principales hallazgos de la investigación, el artículo científico refiere que se obtuvo una productividad media de la producción de trigo con semillas certificadas de 22,5 por ciento superior a la producción con semillas no certificadas. Los costos de producción, son 11,3 por ciento superiores a los de la producción con semillas no certificadas. En cuanto al margen bruto, éste es superior en un 36 por ciento cuando los productores hacen uso de semilla certificada de trigo,

asimismo, el beneficio o rentabilidad neta por hectárea cultivada de trigo es un 26,5 por ciento superior cuando se usa semilla certificada.

Similar resultado encontraron Tanrıvermiş y Akdoğan (2007) en una investigación en la provincia de Ankara, Turquía, con el objetivo de analizar los beneficios derivados del uso de semillas certificadas de variedades mejoradas de trigo en Ankara y su contribución a la economía empresarial. Se realizó una encuesta a 32 explotaciones que producen trigo con semillas tradicionales y 41 que producen con semilla certificada. Se utilizó el modelo de Presupuesto Parcial, y se realizó un análisis comparativo de productividad y de costo-beneficio. Se realizó un análisis econométrico de los factores que afectan al cambio de la ganancia bruta en la producción de trigo. Encontraron que la productividad media es un 49,5 por ciento superior y el beneficio neto medio 39,7 por ciento superior cuando las fincas utilizan semilla certificada de variedades mejoradas certificadas en vez de tradicionales.

Vielma *et al.* (2005), evaluaron la influencia y/o contribución de la semilla certificada de maíz en la productividad y rentabilidad de los sistemas de producción de maíz de grano en los Estados de Portuguesa y Guárico en Venezuela. Encontraron que la semilla híbrida certificada de maíz permitió mantener rendimientos constantes con una variación de 12,6 por ciento. En cuanto a la rentabilidad, era mayor en los agricultores asociados, dado que era más asequible adquirir insumos, principalmente semillas, y asesoría técnica. Las variables con mayor grado de correlación fueron los costos de semilla certificada y los fertilizantes, dado que la siembra de semilla híbrida certificada requiere una adecuada aplicación de fertilizantes, lo que implica mayores costos por dicho concepto. Destacaron la importancia de complementar el uso de semilla de buena calidad con las prácticas agronómicas adecuadas al híbrido usado en la siembra.

Acorde a los hallazgos de Vielma *et al.* (2005), relacionados a la importancia de las prácticas agronómicas, Schroeder *et al.* (2013), señalan que las semillas híbridas de maíz no deben reciclarse debido a la segregación y disminución del rendimiento de la progenie de la generación  $F_1$ ; en ese sentido, para aprovechar todo el potencial de los híbridos de maíz, es necesario que los agricultores siembren semillas nuevas en cada campaña. Así lo confirman Tadeo *et al.* (2016) y Coutiño *et al.* (2004), quienes evaluaron la productividad de semillas de híbridos de maíz de generaciones avanzadas ( $F_2$ ), en Valles

Altos de México y en Chiapas, respectivamente. Los investigadores encontraron, mediante un análisis estadístico factorial, que dicha generación presenta decrementos en la productividad y en las ganancias netas, respecto a la generación F<sub>1</sub>, ello justifica la necesidad de adquirir semilla nueva para cada siembra.

Según Paliwal (2001), citado por Chura y Tejada (2014), el uso de maíces híbridos es, sin duda alguna, un salto importante para el desarrollo de la agricultura a nivel mundial, dado que es considerado una de las mejores innovaciones en el fitomejoramiento ya que permite incrementar los rendimientos del cultivo y por ende mejoras en los ingresos económicos del productor. Adicional a ello, Sierra *et al.* (2016) agregan que la siembra de maíz híbrido presenta beneficios sociales como fuente generadora de empleo. Chura y Sevilla (2002), citados por Chura y Tejada (2014), afirman que, en las regiones productoras de maíz en la costa de Perú, el sistema de producción requiere híbridos de maíz más precoces, con tallo de porte más bajo, que puedan sembrarse a altas densidades.

A nivel nacional, la literatura demuestra que existe una línea de investigación orientada a evaluar innovaciones tecnológicas, el impacto de semillas mejoradas, híbridas y transgénicas de los principales cultivos comerciales del país (papa, maíz y arroz).

Echevarría (2008), evaluó el impacto económico del uso de semilla certificada de papa, del cultivar Canchán, en el distrito de Huasahuasi, provincia de Tarma para la campaña 2006 – 2007, mediante el método de Presupuesto Parcial. Encontró que el uso de semilla certificada de papa blanca presenta un beneficio costo de 3,77, ello significa que dicha tecnología genera altos ingresos adicionales al productor de papa blanca de la variedad Canchán; es decir, si se incrementa en un sol los costos de producción por el uso de semilla certificada, se genera un ingreso adicional para el agricultor de 2,77 soles.

Figuroa *et al.* (2019), dimensionan los beneficios económicos del uso masivo de semilla certificada en la producción de arroz en el Perú. Para determinar la rentabilidad de la semilla certificada de arroz se empleó el método de presupuesto parcial en entorno de riesgo a través del índice de beneficio costo marginal. Para dimensionar los beneficios en el largo plazo usan el modelo de excedentes económicos de productores, consumidores y de la sociedad. Encuentran que, el uso masivo de semilla certificada de arroz genera beneficios económicos para el productor, puesto que habría un incremento en el

rendimiento de 26,94 por ciento por hectárea, y un incremento de 94,16 por ciento en el margen de utilidad, con un índice de beneficio costo de 1,14, en el corto plazo. El cambio en el excedente económico del productor, en el largo plazo, es positivo en el 93,4 por ciento de los escenarios, con un excedente promedio de 3 428 millones de soles en un horizonte de 12 años.

Diez *et al.* (2018), evaluaron *ex ante* en entorno de riesgo, los impactos económicos de la liberación de semillas genéticamente modificadas de maíz amarillo duro y papa, comercializadas a nivel mundial, y que presentan altos rendimientos y resistencia a plagas y enfermedades. Encontraron que, los productores de maíz incrementarían su rentabilidad en 959 soles por hectárea al usar semillas GM, y los productores de papa, incrementarían su rentabilidad en 7 mil soles por hectárea con la semilla cisgénica. El índice beneficio/costo marginal resultó 1,06 para MAD y 1,10 para papa.

Escalante (2018), determinó la rentabilidad del híbrido INIA 619 – Megahíbrido, en la provincia de Huaura, en su evaluación *ex ante*, utilizó la metodología de presupuesto parcial en entorno de riesgo para calcular los beneficios económicos de los productores de maíz al adoptar la semilla INIA 619 – Megahíbrido y dejar de usar otros híbridos importados y semilla no certificada. Concluye que existe un 73 por ciento de probabilidad de que la semilla híbrida nacional genere rendimientos superiores a los generados por la semilla híbrida importada y un 100 por ciento de probabilidad que sean mayores a los obtenidos con semilla no certificada. En cuanto a la rentabilidad, se estimó un incremento entre 2 200 a 3 900 soles por hectárea para aquellos productores que adopten la semilla híbrida nacional.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. GENERALIDADES

##### 3.1.1. Ámbito de estudio

La investigación tuvo como ámbito de estudio el Valle del Bajo Piura, en la provincia de Piura, principal valle maicero de la región. Dicho valle representa entre el 40 y 50 por ciento (6 458 ha) del área sembrada en la región, y está conformado por once distritos, cinco de la provincia Piura y seis de la provincia de Sechura, según la Tabla 6.

**Tabla 6: Distritos que conforman el Valle del Bajo Piura**

| Región | Provincia | Distritos del Valle del Bajo Piura |
|--------|-----------|------------------------------------|
| Piura  | Piura     | Catacaos                           |
|        |           | Cura Mori                          |
|        |           | El Tallán                          |
|        |           | La Arena                           |
|        |           | La Unión                           |
|        | Sechura   | Bellavista de la Unión             |
|        |           | Bernal                             |
|        |           | Cristo Nos Valga                   |
|        |           | Rinconada Llicuar                  |
|        |           | Sechura                            |
|        |           | Vice                               |

Fuente: Dirección Regional de Agricultura de Piura – DRA Piura

##### 3.1.2. Tipo de investigación

La investigación es de tipo netamente explicativo, no experimental, dado que se analiza, explica y cuantifica los posibles beneficios, económicos, sociales y ambientales derivados del uso extendido de semillas certificadas de maíz amarillo duro, es decir de un cambio tecnológico en los insumos, al reemplazar la semilla tradicional “no certificada” por semilla certificada de MAD.

### **3.1.3. Población y muestra**

Según la estadística de la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico del Medio y Bajo Piura, se registran 7 090 productores de maíz amarillo duro en la zona de estudio. Dadas las condiciones actuales por la pandemia, específicamente a las restricciones de desplazamiento y distanciamiento social; además, al limitado acceso a información de contacto y padrones de productores de maíz amarillo duro, y a consideraciones de tiempo y costo, se determinó mediante la técnica de muestreo no probabilístico aplicar un total de 70 encuestas presenciales y/o telefónicas a los productores líderes del Valle del Bajo Piura. La información de contacto fue proporcionada por las comisiones de usuarios del valle.

### **3.1.4. Diseño de la investigación**

La estrategia para dar respuesta a las preguntas de investigación, consistió en la colecta de información de la realidad aplicando encuestas presenciales y vía telefónica a 70 productores de maíz del Valle del Bajo Piura. Se realizaron entrevistas no estructuradas a especialistas de la Dirección Regional de Agricultura - DRA Piura, entre ellos a la Ing. Flor de María Soto Córdova, Jefe de la Oficina Agraria de Cura Mori; y a los representantes de las comisiones de usuarios del sector hidráulico del Bajo Piura (ver anexo 03). Se realizó entrevistas presenciales a las casas comerciales de semillas e insumos agrícolas como PROCAMPO, FERTICAMPO y SEMILLAS PIURANAS, específicamente con el Ing. Marco Rabanal Díaz, Gerente General de la Empresa Semillas Piuranas S.A.C. Se usó información secundaria de consultas estadísticas de producción agrícola de la región y del valle. La información colectada en las encuestas se procesó en Excel, usando el software estadístico @Risk.

## **3.2. HIPÓTESIS**

### **3.2.1. Hipótesis general**

El uso de semillas certificadas de maíz amarillo duro (*Zea mays L.*) generarían un incremento significativo de los beneficios económicos, sociales y ambientales en el Valle del Bajo Piura.

### **3.2.2. Hipótesis específicas**

- 1) El uso de semillas certificadas de maíz amarillo duro (*Zea mays L.*) generaría un incremento significativo de los ingresos económicos de los productores del Valle del Bajo Piura, debido al incremento de los rendimientos por hectárea.
- 2) Se plantea que la liberación y uso de semilla certificada de maíz amarillo duro (*Zea mays L.*), generaría un incremento significativo de los excedentes sociales de los productores y consumidores en el Valle del Bajo Piura.
- 3) El uso de semilla certificada de maíz amarillo duro (*Zea mays L.*), reduciría el impacto en el medio ambiente, medido por el Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ), debido a un menor uso de insecticidas en el Valle del Bajo Piura.

### **3.3. MÉTODOS Y MODELOS**

Con la finalidad de dar respuesta a las preguntas de investigación, se realizó un análisis de riesgo, en un entorno probabilístico, sobre los efectos o impactos económicos, sociales y ambientales que se generaría al sustituir el uso de semilla no certificada por semilla certificada de maíz amarillo duro en el Valle del Bajo Piura, es decir, los efectos de un cambio tecnológico en los insumos (semilla) en la actividad productiva de MAD.

#### **3.3.1. Modelo de Presupuesto Parcial**

Se utiliza el modelo de presupuesto parcial, aplicado en las investigaciones desarrolladas por Tanrıvermiş y Akdoğan (2007), Diez *et al.* (2013), quien ha contribuido con la base metodológica en el Perú para el desarrollo de investigaciones de economía agrícola relacionadas a evaluaciones de innovaciones tecnológicas, como las desarrolladas por Abad (2014), Mogollón (2015), que evaluaron (ex ante) la rentabilidad de semillas de maíz amarillo duro genéticamente modificadas para la provincia de Barranca (Lima) y Jayanca (Lambayeque), respectivamente. Dicha metodología ha sido utilizada además en la evaluación de la rentabilidad del uso de semilla certificada para el cultivo de papa, investigación llevada a cabo por Echevarría (2008); asimismo, Figueroa (2018), dimensionó a través de dicha metodología, los beneficios económicos del uso de semilla certificada de arroz en el Perú; y finalmente, Escalante (2018) empleo el modelo para estimar probabilísticamente la rentabilidad del híbrido de maíz amarillo duro, INIA 619 – Megahíbrido, en la provincia de Huaura. Las investigaciones citadas anteriormente han tomado como base lo trabajado por Horton (1981, 1982).

Según Figueroa *et al.* (2019), la metodología propuesta en la investigación, Presupuesto Parcial, consiste en evaluar los impactos económicos específicos sobre los ingresos y los costos en el proceso productivo de maíz amarillo duro sustituyendo el uso de semilla no certificada por semilla certificada; es decir se constituye un análisis económico simple y fácil, dado que solo considera los cambios en los costos y los ingresos por la innovación tecnológica, manteniendo las demás variables o factores constantes; en ese sentido, se denomina presupuesto parcial al no incluir la totalidad de los costos en la evaluación y análisis, sino aquellos costos específicos que tendrían variación positiva o negativa ante dicho cambio tecnológico, lo que permite calcular la rentabilidad y el índice Beneficio Costo (B/C), conocido como Índice Neto de Rentabilidad, derivados del cambio tecnológico y se procede a realizar un análisis comparativo para determinar la conveniencia se adoptar el cambio tecnológico propuesto.

#### Índice Beneficio Costo

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

Para la aplicación del citado modelo se utiliza información recopilada a través de las encuestas aplicadas a aquellos productores que emplean semilla tradicional no certificada y aquellos productores que usan semilla certificada en el Valle del Bajo Piura. La base de datos se procesa en Excel usando el software @Risk y se emplea el método denominado “*Simulación de Monte Carlo*”, que incorpora las condiciones de riesgo en el análisis, ello permite calcular las probabilidades de ocurrencia de escenarios favorables y no favorables, mediante la simulación de las variables probabilísticas, a las cuales se les asigna una adecuada distribución de probabilidad.

#### 3.3.2. Modelo de Excedentes Económicos

Para dar respuesta a la pregunta específica de investigación relacionada a los excedentes de la sociedad, tanto del productor como del consumidor, derivados de la sustitución del uso de semilla tradicional no certificada por semilla certificada de maíz amarillo duro en el Valle del Bajo Piura, se utiliza el modelo de Excedentes Económicos de Alston *et al.* (1995), citados por Figueroa *et al.* (2019), tomando la información que brinda el modelo de Presupuesto Parcial descrito en el punto precedente. Según el modelo de Excedentes Económicos, los cambios tecnológicos en la producción, generan un desplazamiento de

la oferta hacia la derecha, lo que genera excedentes económicos para los productores y consumidores.

Las ecuaciones que se emplean para el cálculo de los excedentes económicos se describen a continuación:

$$\text{Cambio en el Excedente del Consumidor} \rightarrow \Delta EC = P_0 Q_0 Z (1 + 0.5Z\eta)$$

$$\text{Cambio en el Excedente del Productor} \rightarrow \Delta EP = (K - Z)P_0 Q_0 (1 + 0.5Z\eta)$$

$$\text{Cambio en los Excedente Totales} \rightarrow \Delta ET = \Delta PS + \Delta CS$$

$$\text{Tamaño proporcional del desplazamiento de la oferta} \rightarrow K = \left[ \frac{\Delta Y}{\varepsilon_a} - \frac{\Delta C}{(1 + \Delta Y)} \right] A \times R \times D$$

Reducción en el precio, relativo al valor inicial debido al cambio producido en la oferta

$$Z = K\varepsilon / (\varepsilon + \eta)$$

Donde:

$P_0$  : Precio inicial sin innovación tecnológica

$Q_0$  : Cantidad inicial sin innovación

$C_0$  : Cantidad consumida sin innovación

$\eta$  : Valor absoluto de la elasticidad precio de la demanda

$Z$  : Reducción en el precio, relativo al valor inicial debido al cambio producido en la oferta

$\varepsilon$  : Elasticidad precio de la oferta

$\Delta Y$  : Variación en los rendimientos, relativo al valor inicial debido a la adopción de la innovación tecnológica (es decir, al uso masivo de semilla certificada de MAD)

$\Delta C$  : Variación en los costos, relativo al valor inicial generado por la innovación tecnológica

A : Tasa de adopción

R : Probabilidad de éxito de la innovación tecnológica

D : Tasa de depreciación

A continuación, se detallan los supuestos y/o criterios considerados para la estimación del modelo de excedentes económicos en la hoja de cálculo de Excel y en un entorno probabilístico con el complemento @Risk, en un horizonte de 12 años.

- ✓ Columna 1: Elasticidad precio de la Demanda (n)  
El dato de la elasticidad de la demanda es de - 0.80, en valor absoluto. Tomado de Diez *et al.* (2017), en base a MAXIMIXE Consult
- ✓ Columna 2: Elasticidad precio de la Oferta  
El dato de la elasticidad de la oferta es de 0.41 es tomado de Diez *et al.* (2018), en base al MINAGRI
- ✓ Columna 3: Cambio en el rendimiento esperado por el uso de la nueva tecnología (semilla certificada). El incremento en el rendimiento es de 29 por ciento
- ✓ Columna 4: Cambio equivalente del rendimiento, el cual resulta de dividir el cambio en el rendimiento esperado entre la elasticidad de oferta.
- ✓ Columna 5: Cambio de costos de insumos, es la variación porcentual (en ese caso incremento de 8 por ciento) en los costos de producción al cambiar de tecnología, es decir de la semilla local no certificada a la semilla certificada de MAD en el Valle del Bajo Piura.
- ✓ Columna 6: Cambio equivalente de costos, es el resultado de dividir el cambio de costos de insumos entre la diferencia de la elasticidad de demanda respecto al cambio en el rendimiento esperado con el uso de la semilla certificada.
- ✓ Columna 7: Cambio neto costos insumos (K potencial), es el cambio de los costos de producción en caso de usar semilla certificada de maíz amarillo duro.
- ✓ Columna 8: Probabilidad de éxito promedio de 90 por ciento, considerado para las innovaciones tecnológicas.
- ✓ Columna 9: La tasa de adopción, se considera la Teoría de Rogers (1983). La tasa de adopción es gradual en el tiempo. Para el primer año el 2.8 por ciento de los productores adoptan la tecnología (semilla certifica) para la producción de MAD.

Para el segundo año la tasa de adopción alcanza el 16 por ciento, el tercer año el 50 por ciento y para el cuarto año 80 por ciento. La adopción no alcanza el 100 por ciento dado que aparecen nuevas tecnologías que reemplazarán a las actuales.

- ✓ Columna 10: Tasa de depreciación, se considera que no hay depreciación por ser una tecnología nueva, según estructura el modelo.
- ✓ Columna 11: Kmax, el desplazamiento de la curva de oferta que adopta un valor inicial de 0.0150 (adopción del 2.8 por ciento) y asciende hasta 0.4290 (adopción al 80 por ciento). Dichos valores son el resultado de multiplicar el cambio neto costos insumos, la probabilidad de éxito, la tasa de adopción, y la tasa de depreciación.
- ✓ Columna 12: Z, es la variación de precios por uso de la semilla certificada desde el primer año.
- ✓ Columna 13: Precio, se considera es el precio esperado del maíz amarillo duro al consumidor. Para ello se calcula el valor esperado de la variable precio tomando en consideración los precios reportados de MAD en el Sistema de Información de Abastecimiento y Precios (SISAP) del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Precio esperado = 1.79 (S/kg) – Asociación de Productores del Mercado de Santa Anita (APAMSA).
- ✓ Columna 14: Cantidad, es la cantidad esperada de producción de MAD en el Valle del Bajo Piura. Para su cálculo se tomó datos de producción históricos del 2014 – 2018, proporcionados por la Dirección Regional de Agricultura de Piura.  
Cantidad esperada: 29 591 (t).
- ✓ Columna 15: Cambios en el excedente del productor.
- ✓ Columna 16: Cambios en el excedente del consumidor.
- ✓ Columna 17: Cambio en excedente social, es la suma del cambio en excedente del productor y el cambio en el excedente del consumidor.
- ✓ Columna 18: Costo de investigación y difusión de la semilla certificada. Se tomó en consideración a Schiek *et al.* (2016) quienes estiman el costo esperado medio de una nueva semilla en 1.45 millones de dólares. Se considera un tipo de cambio de 4.03.
- ✓ Columna 19: Costo de transferencia de tecnología. Se estimó un valor esperado, tomando como referencia los costos de transferencia empleados en otras investigaciones. Costo de transferencia = S/ 250 000.00.

### **Otros supuestos:**

- ✓ Se considera una economía cerrada según metodología de Falck-Zepeda (2010)
- ✓ Para la estimación del Valor Actual Neto (VAN), se considera la Tasa Social de Descuento (TSD) de 8 por ciento, según normativa vigente (Directiva N° 002-2017-EF/63.01)
- ✓ Se emplea el complemento @Risk 8.2 para Microsoft Excel (versión de prueba), ampliamente usado para realizar análisis de riesgo utilizando la Simulación de Montecarlo.

### **3.3.3. Coeficiente de Impacto Ambiental – EIQ (Environmental impact quotient)**

A fin de dar respuesta a uno de los problemas específicos vinculado a los impactos ambientales derivados de la sustitución del uso de semilla no certificada por semilla certificada de maíz amarillo duro en el Bajo Piura, se usa el Coeficiente de Impacto Ambiental, el cual permite medir el impacto sobre el ambiente de un agente químico. Se calcula cuánto se reduce el daño cuando se reduce el uso de un agente químico de control fitosanitario. Para el cálculo del EIQ se considera los pesticidas usados en la producción de maíz amarillo duro con semilla no certificada y los plaguicidas utilizados con semilla certificada. Para ambos casos, se toma en cuenta el total de hectáreas cultivadas por los productores encuestados del Bajo Piura, el tipo de pesticida utilizado, la dosis aplicada y el número de aplicaciones. La información para determinar el impacto ambiental del uso de semillas no certificadas y semillas certificadas, se colectó con la encuesta a los 70 productores de MAD del Valle de Bajo Piura, según muestreo no probabilístico. La información que se obtiene para cada observación se pondera a través de la ecuación para el cálculo del EIQ en campo.

$$EIQ_{campo} = EIQ * (Porcentaje\ de\ componente\ activo) * (Dosis) * (Número\ de\ aplicaciones)$$

Dicha ecuación es de fácil cálculo dado que se conoce el EIQ de los principales insecticidas, y se toma en cuenta los datos tabulares de Integrated Pest Management de Cornell University. Finalmente, se consideran todos los plaguicidas (insecticidas, funguicidas, herbicidas) empleados por los productores encuestados. De los datos obtenidos se realiza una comparación entre el EIQ de los plaguicidas usados para semilla no certificada y semilla certificada de maíz amarillo duro, lo que permite determinar cuál es la semilla que reduce el uso de insecticidas y por ende el impacto ambiental.

### 3.3.4. Caracterización de la producción de maíz amarillo duro en el Bajo Piura

Esta sección desarrolla un análisis descriptivo de la información primaria de las 70 encuestas a los productores de maíz amarillo duro del Valle del Bajo Piura, y la información secundaria proporcionada por la Agencia Agraria de Piura, a fin de contextualizar los resultados. La Tabla 7 muestra el total de hectáreas y el total de productores de maíz amarillo duro registrados en padrones de la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico del Medio y Bajo Piura; específicamente de las Comisiones de Usuarios de los distritos que componen el Valle del Bajo Piura. La Junta de Usuarios está compuesta por 11 comisiones de usuarios; pero, para el estudio sólo se consideró 9 en el área de estudio. El Valle del Bajo Piura cuenta con 6 458 ha instaladas de maíz amarillo duro y 7 090 productores dedicados a este cultivo transitorio.

**Tabla 7: Área instalada y número de productores de maíz amarillo duro en el Valle del Bajo Piura**

| Nº | Comisión de Usuarios | Ha sembradas de MAD | Nº Productores |
|----|----------------------|---------------------|----------------|
| 1  | La Bruja             | 516.87              | 727            |
| 2  | Puyuntala            | 867.5               | 1,136          |
| 3  | Palo Parado          | 325                 | 200            |
| 4  | Cumbibira            | 1050                | 500            |
| 5  | Shaz                 | 788                 | 700            |
| 6  | Casaraná             | 897.24              | 1,322          |
| 7  | Sinchao Parte Alta   | 463.23              | 955            |
| 8  | Chato                | 650.33              | 850            |
| 9  | Seminario            | 900                 | 700            |
|    | <b>Total</b>         | <b>6,458.17</b>     | <b>7,090</b>   |

Fuente: Junta de Usuarios del Sector Hidráulico del Medio y Bajo Piura

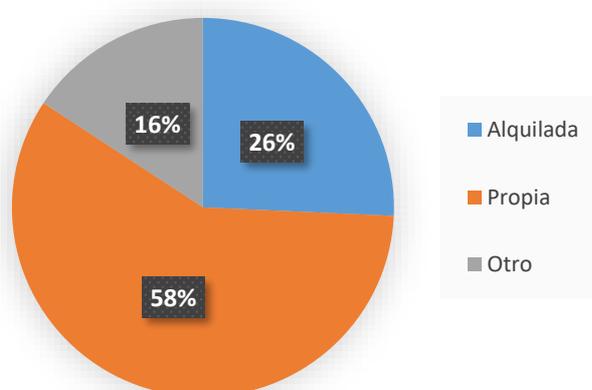
Según la Agencia Agraria Piura, de la Dirección Regional de Agricultura de la región Piura, el Valle del Bajo Piura tiene 2 campañas: i) Campaña chica (de agosto a diciembre) y, ii) Campaña grande (de enero a julio), ambas conforman la Campaña Agrícola de maíz amarillo duro, que va del mes de agosto a julio del año siguiente. La mayor cantidad de hectáreas de maíz amarillo duro son sembradas en la campaña chica, pues los productores aprovechan el terreno después de la cosecha del cultivo de arroz y otros, tal como se observa en la Tabla 8.

**Tabla 8: Campaña de maíz amarillo duro en el Valle del Bajo Piura**

| Distrito          | Campaña chica 2020 (ha)<br>(agosto – diciembre)<br>Siembras acumuladas a<br>setiembre 2020 | Campaña grande 2021 (ha)<br>(enero – julio)<br>Siembras acumuladas a<br>julio de 2021 |
|-------------------|--|---|
| Piura             | 39   | 26  |
| Castilla          | 8  | 15  |
| Catacaos          | 1,100  | 1,056   |
| Cura Mori         | 480  | 429   |
| La Arena          | 2,098  | 656   |
| El Tallán         | 420  | 260   |
| La Unión          | 948  | 122   |
| Bernal            | 196  | 124   |
| Cristo Nos Valga  | 196  | 124   |
| Rinconada Llicuar | 189  | 31  |
| Bellavista        | 188  | 31  |
| Vice              | 110  | 38  |
| Sechura           | 110  | 38  |
| <b>Total</b>      | <b>6,082</b>   | <b>2,950</b>  |

Fuente: Agencia Agraria Piura – Dirección Regional de Agricultura de Piura

De las encuestas a 70 productores de maíz amarillo duro del Valle del Bajo Piura, se obtuvo información sobre características generales que identifican al productor de maíz en dicha zona: 1) edad promedio de los productores es de 60 años, 2) extensión de las parcelas: 60 por ciento tienen en promedio parcelas con extensiones entre 1 a 3 ha y el 28 por ciento entre 3 a 5 ha, 3) sobre tenencia de los predios, el 58 por ciento son propietarios del terreno agrícola, el 26 por ciento alquila las tierras para cultivar, y 16 por ciento declaró cultivar en tierras familiares.



**Figura 4: Tenencia de las tierras agrícolas en el valle del Bajo Piura**

Fuente: Encuesta de MAD – Valle del Bajo Piura

**Tabla 9: Características generales de productores de maíz amarillo duro del Bajo Piura**

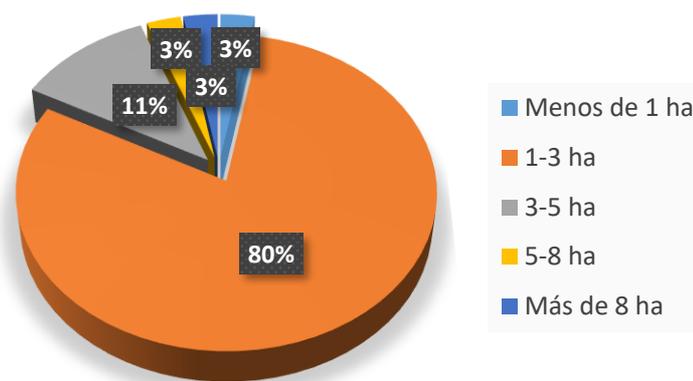
| Comisión de Usuarios                  | Tenencia                     | Número    |
|---------------------------------------|------------------------------|-----------|
| Puyuntala                             | Propia                       | 4         |
|                                       | Alquilada                    | 1         |
|                                       | Otro                         | 5         |
| Casaraná                              | Propia                       | 6         |
|                                       | Propia                       | 29        |
| Seminario                             | Alquilada                    | 17        |
|                                       | Otro                         | 5         |
| Sinchao                               | Propia                       | 2         |
|                                       | Otro                         | 1         |
| Edad del conductor de la parcela      | Estadístico                  | Años      |
|                                       | Mínimo                       | 40        |
|                                       | Promedio                     | 60.6      |
|                                       | Máximo                       | 80        |
|                                       | Moda                         | 65        |
|                                       | Desviación estándar          | 8.41      |
| Sexo del conductor de la parcela      | Coefficiente de variabilidad | 14%       |
|                                       | Masculino                    | 70        |
| Superficie de la parcela en hectáreas | Estadístico                  | Hectáreas |
|                                       | Mínimo                       | 0.5       |
|                                       | Promedio                     | 3.02      |
|                                       | Máximo                       | 25        |
|                                       | Moda                         | 2         |
|                                       | Desviación estándar          | 3.33      |
|                                       | Coefficiente de variabilidad | 110%      |

Fuente: Encuesta a productores del Valle del Bajo Piura

Respecto al área cultivada de maíz amarillo duro en el Valle de estudio, como se observa en la Figura 5, del total de productores encuestados el 80 por ciento tiene entre 1 a 3 ha dedicadas a dicho cultivo transitorio, y el 11 por ciento entre 3 a 5 ha.

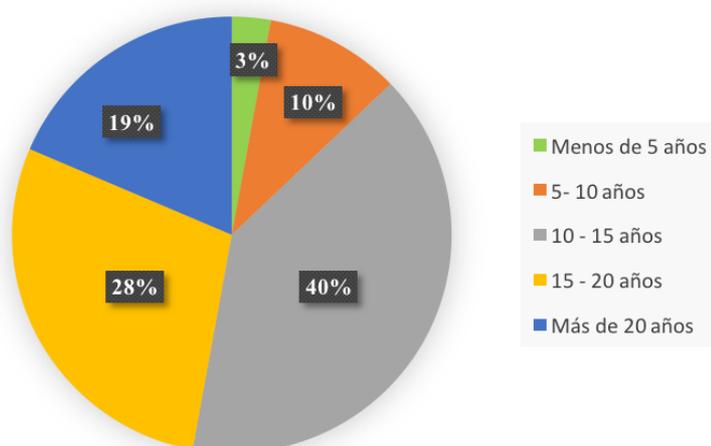
Respecto a los años de experiencia, el 40 por ciento de productores encuestados declaró que se dedican a dicha actividad productiva hace 10 - 15 años.

Generalmente el cultivo de MAD se instala después de las cosechas de arroz y se alterna con el cultivo de frijol caupí. La producción de maíz duro en el valle es liderada por pequeños productores de la agricultura familiar, y que no pertenecen a ninguna asociación de productores. Según la Agencia Agraria Piura, las asociaciones de productores de maíz amarillo duro se encuentran desactivadas en dicha región.



**Figura 5: Área cultivada de maíz amarillo duro por productor en valle del Bajo Piura**

Fuente: Encuestas aplicadas a productores de maíz amarillo duro del Bajo Piura



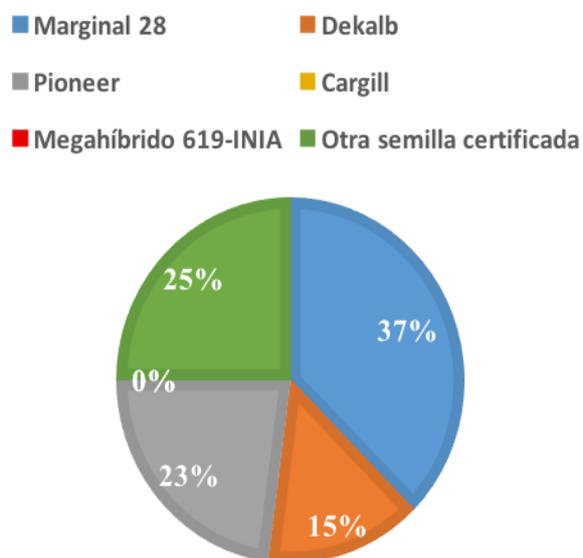
**Figura 6: Años de experiencia en la producción de maíz amarillo**

Fuente: Encuestas aplicadas a productores de maíz amarillo duro del Bajo Piura

En cuanto al uso de semilla certificada de maíz amarillo duro, el 69 por ciento de los encuestados usa dicha categoría de semilla, mientras que el 31 por ciento declaró no usar, en su defecto utilizan semilla no certificada.

De los productores que utilizan semilla certificada, según el Figura 7, el 35 por ciento utiliza la semilla “Marginal 28T”, posicionándose como la semilla certificada más usada, dado que es una de las más económicas de la categoría certificada, el 25 por ciento usa

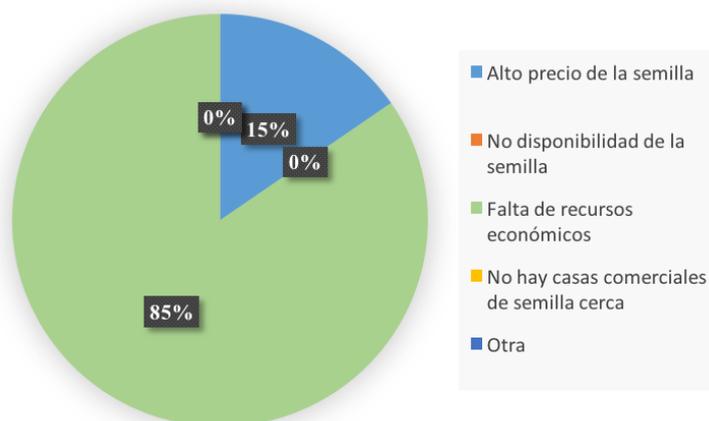
otra semilla certificada denominada “Atlas”, las semillas híbridas “Pioneer”, y finalmente la “Dekalb” son las menos usadas debido a su alto precio.



**Figura 7: Semillas certificadas utilizadas en el Valle del Bajo Piura**

Fuente: Encuestas aplicadas a productores de maíz amarillo duro del Bajo Piura

Del total de productores encuestados, el 81 por ciento renueva su semilla cada campaña, mientras que el 19 por ciento no renueva, debido principalmente a la falta de recursos económicos (85 por ciento) y al alto precio de la semilla.

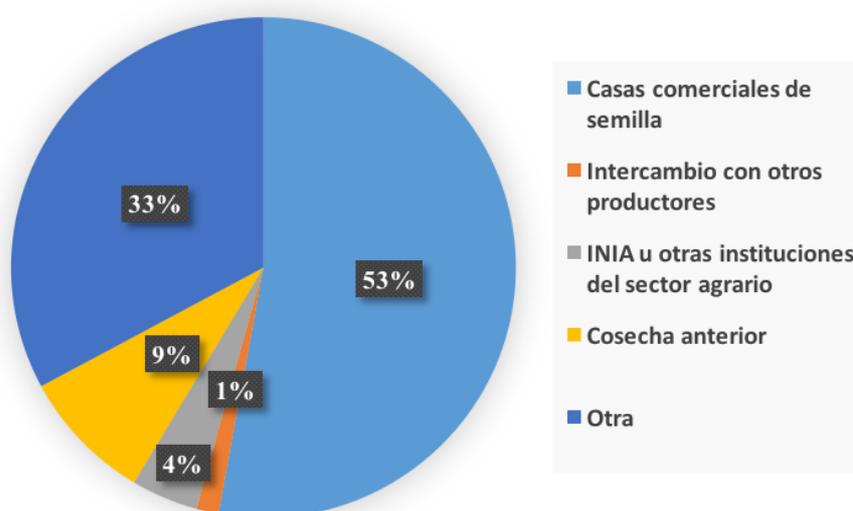


**Figura 8: Causas que influyen en la no renovación de semilla**

Fuente: Encuestas aplicadas a productores de maíz amarillo duro del Bajo Piura

Respecto a la procedencia de la semilla que usan, según la Figura 9, el 53 por ciento declaró adquirir dicho insumo en casas comerciales de semillas y otros insumos agrícolas como Procampo, Ferticampo, y Semillas Piuranas, empresas conocidas a nivel nacional con sede en los distritos de La Unión y La Arena, que forman parte del valle de estudio.

Por su parte el 33 por ciento declaró ser otra la procedencia de dicho insumo: comprada a otros agricultores, semilleros, parcelas, u otros distribuidores. Por otro lado, el 9 por ciento de productores de maíz amarillo duro afirmó usar semilla procedente de cosechas anteriores, conocida como semilla de “segunda generación” (F2), ello influye negativamente en el rendimiento del cultivo.



**Figura 9: Procedencia de la semilla**

Fuente: Encuestas aplicadas a productores de maíz amarillo duro del Bajo Piura

En cuanto a la cantidad de semilla empleada para la instalación de 1 ha de cultivo de maíz amarillo duro, según los estadísticos hallados en la Tabla 10, la siembra de maíz duro con semilla certificada requiere en promedio 28 kg/ha, mientras que la siembra con semilla no certificada requeriría en promedio 46 kg/ha. Según los expertos consultados en la Dirección Regional de Agricultura de Piura, la producción de maíz amarillo duro con semilla certificada, requeriría el uso de menor cantidad de semilla, pero ello es relativo dado que estará en función al tamaño de semilla y a la densidad de siembra que se desea aplicar, es decir la cantidad de plantas que se desea establecer en el terreno agrícola, y esta cantidad de plantas depende de las características de los híbridos o variedades (INIA 2001, citado por Chumpitaz 2018). Por un lado, con el uso de semilla certificada se tendría

la garantía de su calidad puesto que la calidad de esta ha sido verificada mediante un análisis del laboratorio durante el proceso de certificación a la que ha sido sometida, dicho proceso comprende las etapas de verificación preliminar, inspección de campo de multiplicación, inspección durante el acondicionamiento, análisis de semillas, envasado y etiquetado<sup>4</sup>. El análisis de calidad proporciona garantía de la pureza física, el contenido de humedad y el porcentaje de germinación de la semilla<sup>5</sup>. Según el Reglamento de la Ley General de Semillas, la certificación de semillas se realiza de acuerdo a lo dispuesto en el reglamento de certificación y a las disposiciones correspondientes de los reglamentos específicos por especie o grupo de especies<sup>6</sup>. Para el caso del maíz, la normativa establece el análisis de semilla para la semilla certificada: i) semilla pura (98 por ciento como mínimo), ii) materia inerte (2 por ciento como máximo), iii) otras semillas (0 por ciento como máximo) y iv) germinación (80 por ciento como mínimo)<sup>7</sup>

Además, la semilla certificada principalmente de híbridos presenta ventajas como el aumento del rendimiento por hectárea, asociada al vigor híbrido. La semilla certificada es la única que tiene garantizada su calidad por medio de los controles oficiales que realiza la autoridad competente en semillas, lo que permite asegurar su trazabilidad y pureza varietal. Según el CIMMYT (2021), la semilla certificada es homogénea y tiene un alto porcentaje de germinación incluso en condiciones adversas por lo que es posible usar una menor cantidad de semilla en las tareas de siembra, sin embargo esto depende de la densidad de siembra, a mayor densidad, mayor rendimiento.

La literatura sobre siembra de maíz sostiene que la densidad de siembra se puede calcular directamente a partir de la densidad de plantación (plantas/m<sup>2</sup>). La densidad de siembra siempre es mayor que el número previsto de plantas deseadas. En esa línea, el INIA (2001) sostiene que para determinar la cantidad de semilla se debe tener en cuenta dos factores:

---

<sup>4</sup> Artículo 15°.- Etapas de certificación de semillas, del Reglamento Técnico de Certificación de Semillas, aprobado mediante Decreto Supremo N° 024-2005-AG

<sup>5</sup> Artículo 46°.- Determinación de Parámetros, del Reglamento Técnico de Certificación de semillas.

<sup>6</sup> Artículo 47°.- Certificación de semillas, del Reglamento General de la Ley General de Semillas, aprobado mediante Decreto Supremo N° 006-2012-AG

<sup>7</sup> Anexo IV: Normas para la producción, certificación y comercio de semilla de maíz, aprobada mediante Resolución Jefatural N° 00166-2009-INIA.

**a. Densidad de siembra**, que dependerá del híbrido o variedad, características del suelo, el clima y las condiciones de siembra; y,

**b. Características de la semilla**, influye la calidad agronómica de la semilla, específicamente la pureza y el porcentaje de germinación. Además es importante el número de semillas por kilogramo, es decir el tamaño y peso de la semilla. Normalmente se comercializan en el mercado 3 tamaños: i) Grande (2 400 semillas/kg), ii) Mediano (2 800 semillas/kg) y iii) Mediano I (3 300 semillas/kg), esto es para el caso de la variedades nacionales como Marginal 28T y el Megahíbrido 619, pero no para los importados que se comercializa por número de semillas. Entonces, considerando la densidad de siembra, el porcentaje de germinación y el porcentaje de pureza mínimos requeridos en la normativa vigente sobre semillas, así como el tamaño de la semilla, se puede calcular la cantidad de semillas por hectárea.

En cuanto a los requisitos de calidad de la semilla no certificada, la norma establece que la producción de esta no es sometida a los controles rígidos de la Autoridad en Semilla, por lo tanto esta no puede certificar su buena calidad. La garantía de su calidad es responsabilidad del productor<sup>8</sup>. Según la encuesta aplicada a los productores de MAD del Bajo Piura y las entrevistas no estructuradas realizadas a los técnicos de la DRA – Piura, los productores que no usan semilla certificada, requieren mayor cantidad de semilla para sembrar una hectárea dado que ellos emplearían grano empaquetado como semilla, que es vendido en el mercado ilegal como semilla, o emplean el grano de cosechas anteriores.

**Tabla 10: Cantidad de semilla de MAD requerida (Kg/ha)**

| <b>Cantidad de semilla utilizada (Kg/Ha)</b> | <b>Semilla certificada</b> | <b>Semilla no certificada</b> |
|--|----------------------------|-------------------------------|
| <b>Estadísticos</b>                          | <b>Valor</b>               | <b>Valor</b>                  |
| Mínimo                                       | 15                         | 22                            |
| Media  | 28                         | 46                            |
| Moda   | 25                         | 60                            |
| Máximo                                       | 75                         | 65                            |
| Desviación Estándar                          | 12                         | 14                            |

Respecto al precio de la semilla de maíz amarillo duro, según los estadísticos hallados en la Tabla 11, de los datos obtenidos de las encuestas, el precio de la semilla certificada de maíz duro asciende en promedio a S/ 523.0 la bolsa de 25 Kg, y S/ 140.0 soles la semilla

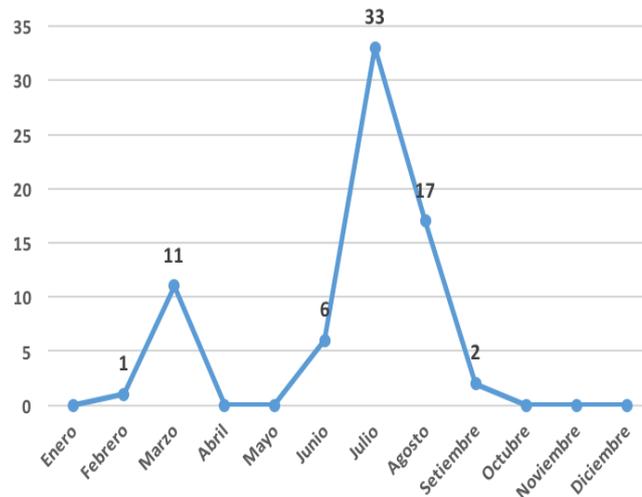
<sup>8</sup> Artículo 40°.- Requisitos de calidad de semilla no-certificada. Reglamento General de la Ley General de Semillas.

no certificada aproximadamente entre S/ 3.0 a S/ 5.0 el kilo, con rendimiento promedio de 4 t/ha a 5 t/ha. Cabe indicar que los precios de los insumos agrícolas, entre ellos la semilla certificada importada, fertilizantes y pesticidas, han experimentado un incremento debido alza del dólar. Según la entrevista realizada a representantes de la Casa Comercial de insumos agrícolas Procampo, el precio de la semilla Pioneer actualmente asciende a S/ 550 y la semilla Dekalb a S/ 750 la bolsa, que alcanzan un rendimiento potencial de 10 t/ha. Es importante indicar que estas semillas híbridas importadas son comercializadas en el mercado por número de semillas no por kilogramos, por ejemplo (1 bolsa de 60 mil semillas), mientras que las semillas nacionales como Marginal 28T y Megahíbrido 619 se comercializan en bolsas de 25 kg; en las importadas habrá una variación en el peso de una bolsa de semillas, debido principalmente al tamaño de las semillas. Es preciso tener en cuenta que la siembra de 1 hectárea requerirá un mayor número de semillas en función a la densidad de siembra (plantas/ha) que el productor pretende aplicar.

**Tabla 11: Precio de la semilla de MAD**

| <b>Precio de la semilla</b> | <b>Certificada</b> | <b>No Certificada</b> |
|-----------------------------|--------------------|-----------------------|
| <b>Estadísticos</b>         | <b>Valor</b>       | <b>Valor</b>          |
| Mínimo                      | 100                | 60                    |
| Media                       | 523                | 140                   |
| Moda                        | 500                | 120                   |
| Máximo                      | 750                | 250                   |
| Desviación Estándar         | 172                | 57                    |

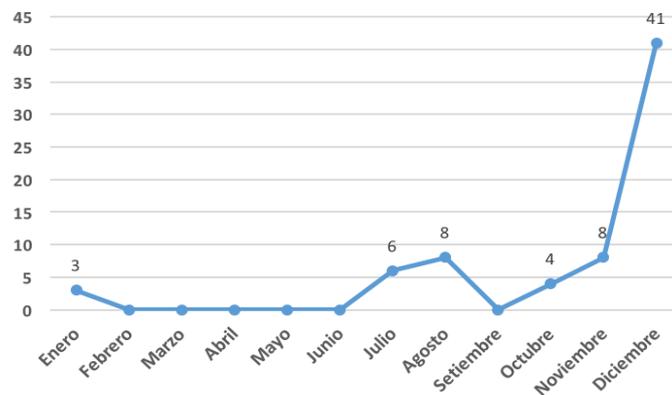
En referencia a la temporada de siembra y cosecha de maíz amarillo duro en el Valle del Bajo Piura, los resultados de la encuesta coinciden con la información proporcionada por la Agencia Agraria Piura. Según el Figura 10, el 47 por ciento (equivalente a 33 productores), declararon realizar las siembras de maíz en el mes de julio, y el 24 por ciento (17 productores) en el mes de agosto, mes que inicia la campaña chica. Los productores siembran el maíz inmediatamente después de la campaña de arroz, para aprovechar la humedad del terreno agrícola y reducir costos.



**Figura 10: Mes de siembra de MAD en el Bajo Piura**

Fuente: Encuestas aplicadas a productores de maíz amarillo duro del Bajo Piura

En las encuestas aplicadas, 41 productores (59 por ciento,) declararon cosechar el maíz en el mes de diciembre, y el 11 por ciento en el mes de noviembre.



**Figura 11: Mes de cosecha de MAD en el Bajo Piura**

Fuente: Encuestas aplicadas a productores de maíz amarillo duro del Bajo Piura

Respecto a los problemas presentados en el cultivo de maíz amarillo duro en el valle de estudio, de las encuestas realizadas, 76 por ciento manifestaron problemas por la aparición de plagas y enfermedades, principalmente con el gusano cogollero. Además, 53 por ciento manifestó que la producción se vio afectada por insectos como gusano de tierra, gusano de hoja y pulgones. En cuanto a la inversión en control fitosanitario (plagas, enfermedades, insectos, malezas), en promedio asciende a S/ 237 cuando el productor

emplea semilla no certificada y S/ 557 cuando emplea semilla certificada, según la Tabla 12.

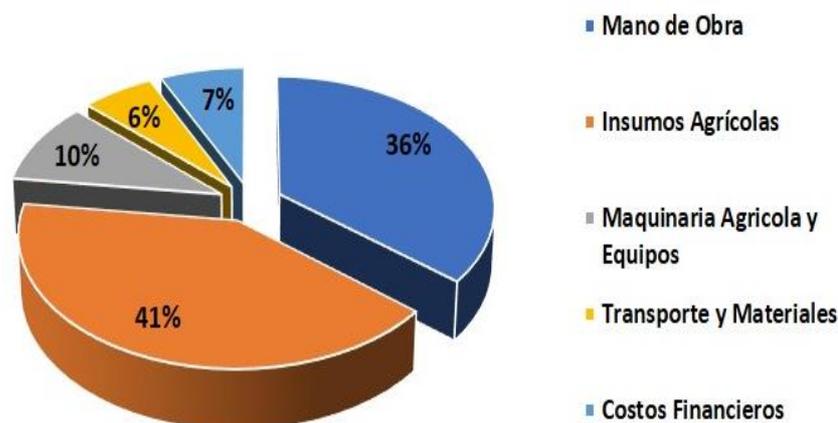
**Tabla 12: Inversión en control de malezas y plagas**

| <b>Inversión en control de malezas, plagas y/o enfermedades por ha</b> | <b>Semilla Certificada</b> | <b>Semilla No Certificada</b> |
|--|----------------------------|-------------------------------|
| <b>Estadísticos</b>  | <b>Valor</b>               | <b>Valor</b>                  |
| Mínimo   | 100                        | 70                            |
| Media  | 557                        | 237                           |
| Moda   | 400                        | 200                           |
| Máximo   | 2500                       | 400                           |
| Desviación Estándar  | 410                        | 83                            |

Los agroquímicos más empleados por los productores de maíz amarillo duro del valle del Bajo Piura para combatir el Gusano *Cogollero* (*Spodoptera frugiperda*) y el Gusano de Tierra (*Agrotys ipsylon*) son: i) **Chlorpyrifos**, ingrediente activo comercializado con los nombres Agromil, Tifón, Dorsan, Bronco, Clorfos, Pyrinex; ii) **Thiodicarb**, comercializado como Larvin; iii) **Methomyl**, comercializado como Urkan, Lannate y Methomex; y finalmente iv) **Alfacipermetrina**, comercializado como CiperMex.

A continuación, se realiza un análisis de las variables de los costos de producción actuales de maíz amarillo duro en el Valle del Bajo Piura, resultado de las encuestas aplicadas y de la información proporcionada por la Agencia Agraria Piura. En primer lugar, es necesario mencionar que los costos de producción de maíz amarillo duro, antes de la pandemia por el COVID 19, ascendían a S/ 4 736.0<sup>9</sup> por hectárea, de los cuales la mano de obra representaba el mayor porcentaje (31 por ciento), maquinaria agrícola y equipo (28,3 por ciento), insumos agrícolas (27,7 por ciento), transporte y materiales (4,3 por ciento). Actualmente, los costos de producción de 1 ha de maíz duro en el Valle del Bajo Piura ascienden a S/ 6 925.0, según la información de la Agenda Agraria Piura y las encuestas a los productores. La Figura 12 muestra que ahora la mayor proporción de los costos de producción se concentra en insumos agrícolas (41 por ciento), debido al incremento de los precios de las semillas certificadas, fertilizantes y pesticidas; seguido de la mano de obra (36 por ciento), que incluye actividades como: i) Preparación del terreno, ii) Siembra, iii) Labores culturales, y iv) Cosecha.

<sup>9</sup> Información proporcionada por la Dirección Regional de Agricultura de Piura – Oficina de Estadística.



**Figura 12: Distribución de los costos de producción de maíz amarillo duro – Valle del Bajo Piura (2021)**

Fuente: Encuestas MAD y Agencia Agraria Piura

Las Tablas 13 y 14 muestran los costos de producción desagregados (por hectárea) para los componentes de insumos agrícolas y mano de obra. En la Tabla 13 se puede observar que el 58 por ciento del total de costos de insumos agrícolas corresponden a fertilizantes, principalmente urea, fosfatos, sulfatos, y otros abonos; el 22 por ciento a semilla certificada, y el 12 por ciento a la inversión en pesticidas para el control fitosanitario del cultivo.

**Tabla 13: Costos de Insumos Agrícolas – Producción de MAD**

| Insumos             | Total (S/)      | Participación (porcentaje) |
|---------------------|-----------------|----------------------------|
| Semilla certificada | 625             | 22                         |
| Fertilizantes       | 1,650           | 58                         |
| Pesticidas          | 340             | 12                         |
| Otros (agua)        | 225             | 8                          |
| <b>Total</b>        | <b>2,840.00</b> | <b>100</b>                 |

La Tabla 14 muestra que los costos de mano de obra para la producción de 1 ha de cultivo de maíz amarillo duro se concentran en 52 por ciento en las actividades de cosecha, que en promedio requiere de 30 a 35 jornales, con S/ 40 el jornal, para las tareas de tumba, despanque, llenado y carguío en mazorca, desgrane, cosido y estiba. Por su parte, las labores culturales representan el 26 por ciento del total de costos de mano de obra, que considera abonamiento, deshierbo, riegos, y aplicación de insecticidas para el control de plagas.

**Tabla 14: Costos de Mano de Obra – Producción de MAD**

| Actividades             | Total (S/)   | Participación (porcentaje) |
|-------------------------|--------------|----------------------------|
| Preparación del terreno | 280          | 11                         |
| Siembra                 | 280          | 11                         |
| Labores culturales      | 640          | 26                         |
| Cosecha                 | 1,280        | 52                         |
| <b>Total</b>            | <b>2,480</b> | <b>100</b>                 |

Del total de costos de producción, 93 por ciento corresponde a costos directos, y 7 por ciento a costos indirectos: gastos financieros y administrativos. Se puede decir que la producción de MAD se caracteriza por ser intensiva en mano de obra. En primera instancia, para estimar la rentabilidad de la semilla certificada de maíz amarillo duro en el Valle del Bajo Piura, se calcularon los estadísticos (mínimo, media, moda, máximo y desviación estándar) de las variables de costo de producción de MAD con semilla no certificada y con semilla certificada (ver Tabla 15).

Es preciso indicar que los costos de producción fueron construidos a partir de los resultados de las encuestas aplicadas en el Valle de estudio y la información proporcionada por la Agencia Agraria Piura.

**Tabla 15: Estadísticos de costos de producción de MAD en el Valle del Bajo Piura (S/ha)**

| Detalle                | Mínimo         | Media          | Moda           | Máximo         | Desviación Standard |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------|
| Semilla                | 60.0           | 402.4          | 500.0          | 750.0          | 230.7               |
| Mano de Obra           | 770.0          | 2,378.3        | 1,480.0        | 4,880.0        | 824.7               |
| Preparación terreno    | 40.0           | 122.7          | 80.0           | 360.0          | 64.9                |
| Siembra                | 70.0           | 315.5          | 280.0          | 800.0          | 134.8               |
| Labores Culturales     | 280.0          | 933.6          | 760.0          | 2,240.0        | 391.5               |
| Cosecha                | 250.0          | 1,006.5        | 1,200.0        | 2,000.0        | 370.2               |
| Fertilizantes          | 500.0          | 1,051.4        | 800.0          | 2,500.0        | 374.1               |
| Agroquímicos           | 70.0           | 456.4          | 400.0          | 2,500.0        | 373.1               |
| Maquinaria agrícola    | 130.0          | 340.1          | 260.0          | 610.0          | 99.6                |
| Agua                   | 150.0          | 228.0          | 225.0          | 350.0          | 31.6                |
| Costos directos        | 2,185.0        | 4,856.6        | 3,375.0        | 8,160.0        | 1,447.9             |
| Costos indirectos      | 250.0          | 396.6          | 350.0          | 650.0          | 95.4                |
| <b>Total de costos</b> | <b>2,470.0</b> | <b>5,253.2</b> | <b>6,375.0</b> | <b>8,810.0</b> | <b>1,529.0</b>      |
| Rendimiento (Kg/ha)    | 2,576.0        | 7,227.3        | 9,200.0        | 12,650.0       | 2,412.5             |
| Precio promedio (S/Kg) | 0.90           | 1.32           | 1.30           | 1.70           | 0.16                |

Fuente: Encuestas de MAD

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. RESULTADOS**

#### **4.1.1. Rentabilidad de la semilla certificada de maíz amarillo duro**

La Tabla 16 muestra la comparación de los costos de producción esperados de la producción de maíz amarillo duro con semilla certificada en el valle del Bajo Piura. De ello se evidencia que habría un incremento de 51,7 por ciento en el costo asociado a la compra de semilla certificada; en mano de obra un ligero incremento de 4,7 por ciento, debido principalmente a los mayores gastos en cosecha, pues se evidencia un incremento en el rendimiento (kg/ha) de la producción con semilla certificada que asciende a 29 por ciento.

Según los especialistas consultados en la Agencia Agraria Piura la producción de MAD con semilla certificada de híbridos mejorados de alta calidad, presentan mejor germinación y son más uniformes, es por ello que se incrementan los rendimientos.

Los costos se ven incrementados también por el aumento de gastos en insumos como fertilizantes/abonos (48,4 por ciento), dado que la producción de MAD con semilla certificada requiere cumplir con una adecuada fertilización para alcanzar el rendimiento esperado en campo.

Respecto al gasto en pesticidas, se observa una reducción del 46,6 por ciento con el uso de semilla certificada, dado que, por ser una semilla de alta calidad genética resistente a problemas fitosanitarios, y que ha pasado por un proceso de certificación; llega al campo sin bacterias, ni hongos, resistente a ataque de plagas y enfermedades, y por ende no hay uso indiscriminado de pesticidas.

El rendimiento promedio esperado con semilla no certificada es de 8,1 t/ha con un costo de producción esperado de S/ 6 471.70 por hectárea, que considera un precio en chacra promedio esperado de S/ 1,30 por kilo, con ello se calcula un ingreso bruto esperado por

hectárea que asciende a S/ 10 584.60 y el margen bruto de utilidad esperada es de S/ 4 112.90. El costo de producción esperado por kilo se calcula en S/ 0,80.

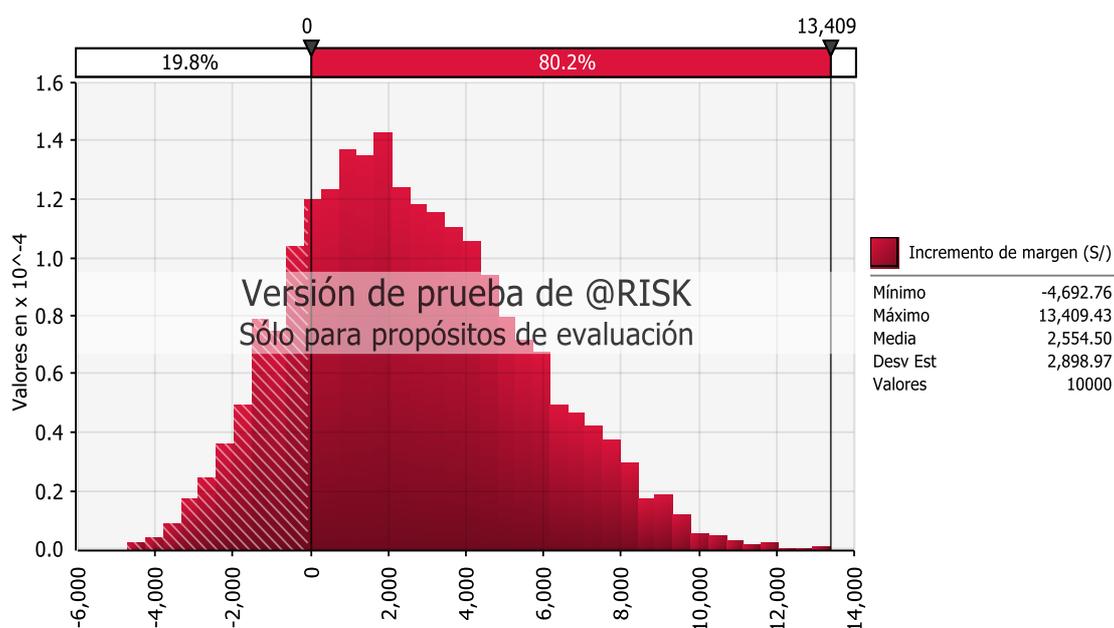
En cuanto al rendimiento promedio con semilla certificada de maíz amarillo duro, este es de 10,5 t/ha, asociado a un costo de producción de S/ 6 979.80 por hectárea, y considerando que el precio en chacra no varía, se tendría un ingreso de S/ 13 650 y una utilidad de S/ 6 670.20 por hectárea. El costo de producción por kilo con semilla certificada de MAD es de S/ 0,66. El incremento de rendimiento de la producción de MAD con semilla certificada respecto al rendimiento esperado con la semilla local es de 29 por ciento con un incremento en el margen de utilidad de 62,2 por ciento, ello refleja un aumento importante en la utilidad percibida por el productor agropecuario del valle del Bajo Piura.

En cuanto a la rentabilidad (como una proporción de la utilidad sobre los costos de producción), esta es mayor con el uso de la semilla certificada (96 por ciento), mientras que la rentabilidad de esta actividad productiva con semilla local no certificada es de 64 por ciento.

**Tabla 16: Comparación de Costos de Producción de MAD en el Valle del Bajo Piura**

| <b>Detalle</b>                   | <b>Semilla<br/>No Certificada</b> | <b>Semilla<br/>Certificada</b> | <b>Incrementos<br/>(porcentaje)</b> |
|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Semilla</b>                   | <b>436.7</b>                      | <b>662.5</b>                   | <b>51.7</b>                         |
| Mano de Obra                     | 2,786.7                           | 2,916.7                        | 4.7                                 |
| Preparación del terreno          | 160.0                             | 160.0                          | 0.0                                 |
| Siembra                          | 383.3                             | 383.3                          | 0.0                                 |
| Labores Culturales               | 1,093.3                           | 1,093.3                        | 0.0                                 |
| Cosecha                          | 1,150.0                           | 1,280.0                        | 11.3                                |
| <b>Fertilizantes</b>             | <b>1,266.7</b>                    | <b>1,880.0</b>                 | <b>48.4</b>                         |
| <b>Pesticidas</b>                | <b>990.0</b>                      | <b>529.0</b>                   | <b>-46.6</b>                        |
| Maquinaria Agrícola              | 333.3                             | 333.3                          | 0.0                                 |
| <b>Agua</b>                      | <b>241.7</b>                      | <b>241.7</b>                   | <b>0.0</b>                          |
| Costos Directos                  | 6,055.0                           | 6,563.2                        | 8.4                                 |
| Costos Indirectos                | 416.7                             | 416.7                          | 0.0                                 |
| <b>Total Costos</b>              | <b>6,471.7</b>                    | <b>6,979.8</b>                 | <b>7.9</b>                          |
| <b>Rendimiento (kg/ha)</b>       | <b>8,142.0</b>                    | <b>10,500.0</b>                | <b>29.0</b>                         |
| Precio Promedio (S/ha)           | 1.3                               | 1.3                            | 0.0                                 |
| Ingresos Brutos                  | 10,584.6                          | 13,650.0                       | 29.0                                |
| <b>Margen de Utilidad</b>        | <b>4,112.9</b>                    | <b>6,670.2</b>                 | <b>62.2</b>                         |
| <b>Rentabilidad (porcentaje)</b> | <b>64</b>                         | <b>96</b>                      |                                     |

En la Figura 13, se observa que el incremento del margen de utilidad en soles por hectárea de producción de maíz amarillo duro en el Bajo Piura es positivo en 80,2 por ciento de los escenarios, pudiendo tomar valores entre el rango de 0 a S/13 409.43, con un valor medio de S/ 2 554.50 y un máximo de S/ 13 409.43. El riesgo o la probabilidad de no obtener beneficios mayores en el margen de utilidad es de 19.8 por ciento.



**Figura 13: Incremento de margen de utilidad en soles**

### Índice de Beneficio Costo Marginal

El Índice de Beneficio/Costo Marginal considera las variaciones que se presentan en los cotos y los ingresos por el uso o adopción de la nueva tecnología, en este caso el uso de la semilla certificada de maíz amarillo duro, con el objeto de determinar cuál es el mejor escenario y sus probabilidades de ocurrencia. La Tabla 17 muestra que los beneficios por el uso de la semilla certificada de maíz amarillo duro se reflejan en: primero, los ingresos que se obtienen por el uso de dicha semilla que ascienden a S/ 13 650.0; y segundo, los costos que se abandonan por dejar de usar la semilla no certificada en el valle objeto de estudio, los costos abandonados ascienden a S/ 6 471.7 por ha de cultivo. El beneficio total por la adopción/uso extendido de la semilla certificada de MAD se contabiliza en S/ 20 121.7.

En cuanto a los costos del uso de la semilla certificada de MAD se reflejan primero en el ingreso que se deja de percibir o se abandona por dejar de usar la semilla no certificada, estos ingresos abandonados ascienden a S/ 10 584.60; segundo, los costos nuevos que implica el uso de esta nueva semilla de calidad (certificada), los cuales ascienden a S/ 6 979.8. Los costos totales por el uso extendido de la semilla certificada de MAD ascienden a S/ 17 564.4.

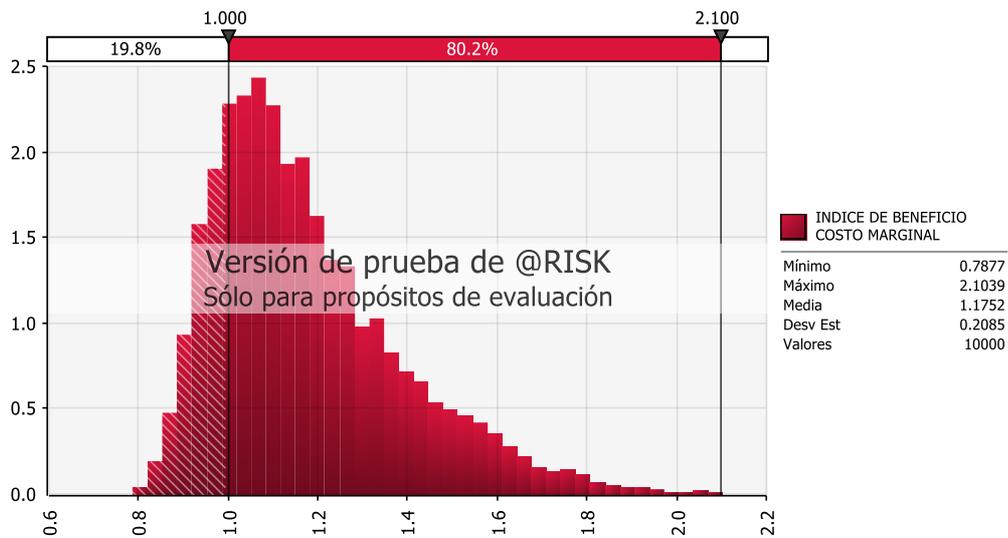
El beneficio/costo arroja un índice de beneficios costo marginal de 1,15, ello quiere decir que por cada sol que invierta el productor por el uso de semilla certificada en la producción de MAD, obtendrá 15 centavos de ingreso adicional.

**Tabla 17: Índice de Beneficio/Costo Marginal e incremento de margen**

| <b>Concepto</b>                          | <b>Valor (S/)</b> |
|--|-------------------|
| <b>Beneficios</b>                        |                   |
| Ingresos nuevos (semilla certificada)    | 13,650.0          |
| Costos abandonados (semilla común)       | 6,471.7           |
| Total beneficios                         | 20,121.7          |
| <b>Costos</b>                            |                   |
| Ingreso abandonado (semilla común)       | 10,584.6          |
| Costos nuevos (semilla certificada)      | 6,979.8           |
| Total costos                             | 17,564.4          |
| <b>Beneficio Costo Marginal</b>          | <b>1.15</b>       |
| <b>Incremento de margen (S/)</b>         | <b>2,557.2</b>    |
| <b>Incremento de margen (porcentaje)</b> | <b>62.2</b>       |

El beneficio/costo que resulta de la simulación de Montecarlo (Figura 14), indica que se tiene 80,2 por ciento de escenarios positivos para los productores que abandonen la semilla no certificada y usen semilla de calidad certificada, con un valor medio de 1,17, con un mínimo de 0,78 y un valor máximo de 2,10; por cada sol invertido en la nueva semilla certificada hay un retorno marginal de 17 centavos de sol. Es decir, el índice de beneficio/costo marginal oscila entre 0 y 2.10 al 80,2 por ciento, en consecuencia el cambio tecnológico, debido a la nueva semilla, generará riqueza.

La probabilidad de no obtener beneficios económicos mayores al adoptar la semilla certificada es de 19,8 por ciento. Es preciso indicar que dicho índice debe ser siempre mayor a la unidad para que los beneficios sean mayores que los costos y aceptar el proyecto.



**Figura 14: Índice de Beneficio Costo Marginal**

#### 4.1.2. Cálculo de excedentes económicos de productores y consumidores

En el presente apartado se realiza el análisis de excedentes económicos para el productor y el consumidor, considerando como cambio tecnológico la adopción de la semilla certificada de maíz amarillo duro en el Valle del Bajo Piura, y por ende el uso extendido y/o masivo de esta tecnología por todos los productores de MAD en dicho valle. Se realizó los cálculos utilizando los métodos descritos en el Capítulo III, empleando información primaria colectada en las encuestas e información secundaria procedente de fuentes oficiales. A continuación, se presenta las tablas con la estimación del modelo de excedentes económicos para el periodo del 2020 al 2032 (12 años). En los años con información idéntica se coloca puntos suspensivos.

**Tabla 18: Estimación del modelo de excedentes económicos**

|      | 1                         | 2                        | 3                        | 4                                  | 5                           | 6                            | 7  | 8                     |
|------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--|-----------------------|
| Año  | Elasticidad de la Demanda | Elasticidad de la Oferta | Cambio en el rendimiento | Cambio equivalente del rendimiento | Cambio de costos de insumos | Cambio equivalente de costos | Cambio neto costos insumos (K potencial) | Probabilidad de éxito |
| 2020 |                           |                          |                          |                                    |                             |                              |  |                       |
| 2021 | 0.80                      | 0.41                     | 0.29                     | 0.71                               | 0.08                        | 0.11                         | 0.60                                     | 0.90                  |
| 2022 | 0.80                      | 0.41                     | 0.29                     | 0.71                               | 0.08                        | 0.11                         | 0.60                                     | 0.90                  |
| 2023 | 0.80                      | 0.41                     | 0.29                     | 0.71                               | 0.08                        | 0.11                         | 0.60                                     | 0.90                  |
| .    | .                         | .                        | .                        | .                                  | .                           | .                            | .  | .                     |
| .    | .                         | .                        | .                        | .                                  | .                           | .                            | .  | .                     |
| .    | .                         | .                        | .                        | .                                  | .                           | .                            | .  | .                     |
| 2032 | 0.80                      | 0.41                     | 0.29                     | 0.71                               | 0.08                        | 0.11                         | 0.60                                     | 0.90                  |

**Tabla 19: Estimación del modelo de excedentes económicos**

|      | 9                | 10                   | 11     | 12     | 13           | 14           |
|------|------------------|----------------------|--------|--------|--------------|--------------|
| Año  | Tasa de adopción | Tasa de depreciación | Kmax   | Z      | Precio (S/t) | Cantidad (t) |
| 2020 |                  |                      |        |        |              |              |
| 2021 | 0.028            | 1                    | 0.0150 | 0.0051 | 1,787        | 29,591.00    |
| 2022 | 0.16             | 1                    | 0.0858 | 0.0291 | 1,787        | 29,591.00    |
| 2023 | 0.5              | 1                    | 0.2681 | 0.0909 | 1,787        | 29,591.00    |
| 2024 | 0.8              | 1                    | 0.4290 | 0.1454 | 1,787        | 29,591.00    |
| 2025 | 0.8              | 1                    | 0.4290 | 0.1454 | 1,787        | 29,591.00    |
| 2026 | 0.8              | 1                    | 0.4290 | 0.1454 | 1,787        | 29,591.00    |
| .    | .                | .                    | .      | .      | .            | .            |
| .    | .                | .                    | .      | .      | .            | .            |
| .    | .                | .                    | .      | .      | .            | .            |
| 2032 | 0.8              | 1                    | 0.4290 | 0.1454 | 1,787        | 29,591.00    |

Haciendo la proyección a 12 años de las ecuaciones del modelo de excedentes, mediante la simulación de Montecarlo en el software @Risk se obtiene, según la Tabla 20, que los productores se ven beneficiados, desde el primer año, por la adopción y uso extendido de la semilla certificada de MAD, dado que presentan un incremento de S/ 526 084.33 a 15 millones de soles con el máximo de adopción del 80 por ciento, en el cuarto año. Asimismo, los consumidores se verían beneficiados, dado que experimentarían un incremento en su excedente pasando de S/ 269 618.22 a 8 millones de soles en el año 4.

A largo plazo, en el año 12, la semilla certificada de MAD permitirá que los excedentes para la sociedad (columna 17) asciendan a 24 millones de soles, los cuales se distribuirán entre los productores (S/ 15 872 658.77) y los consumidores (S/ 8 134 737.62). Finalmente, se calcula que los productores de maíz amarillo duro del Valle del Bajo Piura

obtienen el 66 por ciento del excedente total y los consumidores el 34 por ciento. Lo excedentes totales de la sociedad ascienden a 236 millones de soles.

**Tabla 20: Excedentes del productor, consumidor y sociales**

| <b>Año</b>   | <b>15</b><br><b>Cambio excedente del productor</b> | <b>16</b><br><b>Cambio excedente consumidor</b> | <b>17</b><br><b>Cambio en excedente social</b> | <b>18</b><br><b>Costos de investigación</b> | <b>19</b><br><b>Costos de transferencia</b> | <b>20</b><br><b>Beneficios netos</b> |
|--------------|--|---|--|---|---|--------------------------------------|
| 2020         |  |   |  | 5,843,500.00                                |   | (5,843,500.00)                       |
| 2021         | 526,084.33   | 269,618.22                                      | 795,702.55                                     | -   | 250,000.00                                  | 545,702.55                           |
| 2022         | 3,034,978.93                                       | 1,555,426.70                                    | 4,590,405.63                                   | -   | 250,000.00                                  | 4,327,591.70                         |
| 2023         | 9,715,988.65                                       | 4,979,444.18                                    | 14,695,432.83                                  | -   | 250,000.00                                  | 14,445,432.83                        |
| 2024         | 15,872,658.77                                      | 8,134,737.62                                    | 24,007,396.38                                  | -   | -   | 24,007,396.38                        |
| 2025         | 15,872,658.77                                      | 8,134,737.62                                    | 24,007,396.38                                  | -   | -   | 24,007,396.38                        |
| 2026         | 15,872,658.77                                      | 8,134,737.62                                    | 24,007,396.38                                  | -   | -   | 24,007,396.38                        |
| 2027         | 15,872,658.77                                      | 8,134,737.62                                    | 24,007,396.38                                  | -   | -   | 24,007,396.38                        |
| 2028         | 15,872,658.77                                      | 8,134,737.62                                    | 24,007,396.38                                  | -   | -   | 24,007,396.38                        |
| 2029         | 15,872,658.77                                      | 8,134,737.62                                    | 24,007,396.38                                  | -   | -   | 24,007,396.38                        |
| 2030         | 15,872,658.77                                      | 8,134,737.62                                    | 24,007,396.38                                  | -   | -   | 24,007,396.38                        |
| 2031         | 15,872,658.77                                      | 8,134,737.62                                    | 24,007,396.38                                  | -   | -   | 24,007,396.38                        |
| 2032         | 15,872,658.77                                      | 8,134,737.62                                    | 24,007,396.38                                  | -   | -   | 24,007,396.38                        |
| <b>Total</b> | <b>156,130,980.81</b>                              | <b>80,017,127.67</b>                            | <b>236,148,108.48</b>                          |   |   | <b>229,554,608.48</b>                |

En la Tabla 21 se presenta la evolución de las variables más importantes del modelo de excedentes, como resultado de la adopción del uso extendido de la semilla certificada de maíz amarillo duro con una proyección de 12 años, los cálculos se realizaron en una hoja Excel, incorporando el factor riesgo con el complemento @Risk. Según la tabla se observa que los excedentes experimentan un incremento debido al aumento del rendimiento de la producción de MAD con el uso de la semilla certificada. Los excedentes de los consumidores ascienden a S/ 45 876 027.06, mientras que los excedentes de los productores experimentan un cambio de S/ 89 514 199.14, aproximadamente el doble con respecto al de los consumidores.

La inversión es rentable para el Estado, pues el Valor Actual Neto (VAN) de la inversión en generación y transferencia de una semilla certificada de maíz amarillo duro es de S/ 128 millones. La Tasa Interna de Retorno (TIR) esperada asciende a 103 por ciento. El cambio de excedente social se estima en S/ 135 millones.

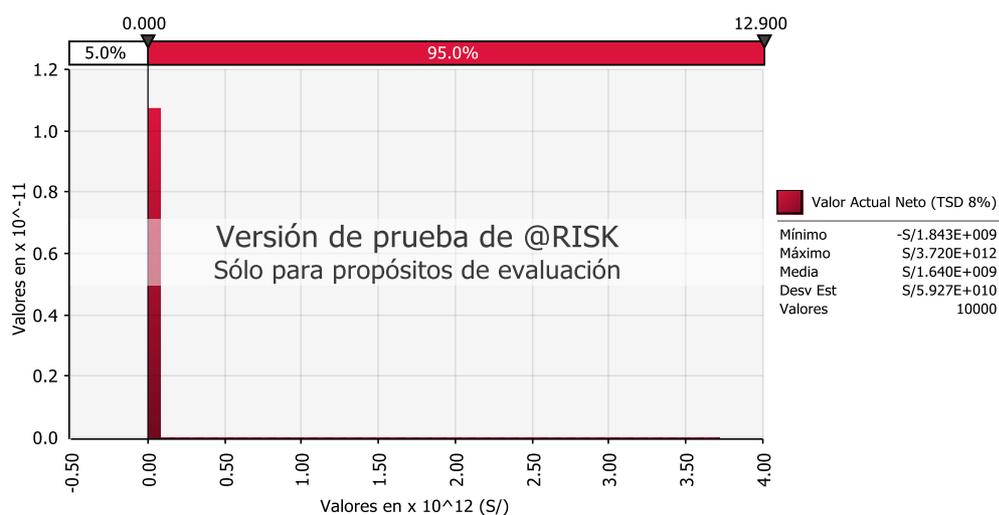
Además, se observa que el cambio de excedente por persona (per cápita) en el Valle del Bajo Piura es de S/ 513.57 acumulado en el periodo de análisis, el cambio de excedente

por hectárea acumulado para el periodo de estudio es de S/ 13 947.00 y el cambio de excedente por productor de dicho valle es de S/ 12 625.42.

**Tabla 21: Resultados del Modelo de cambio de Excedentes con semilla certificada de Maíz Amarillo Duro**

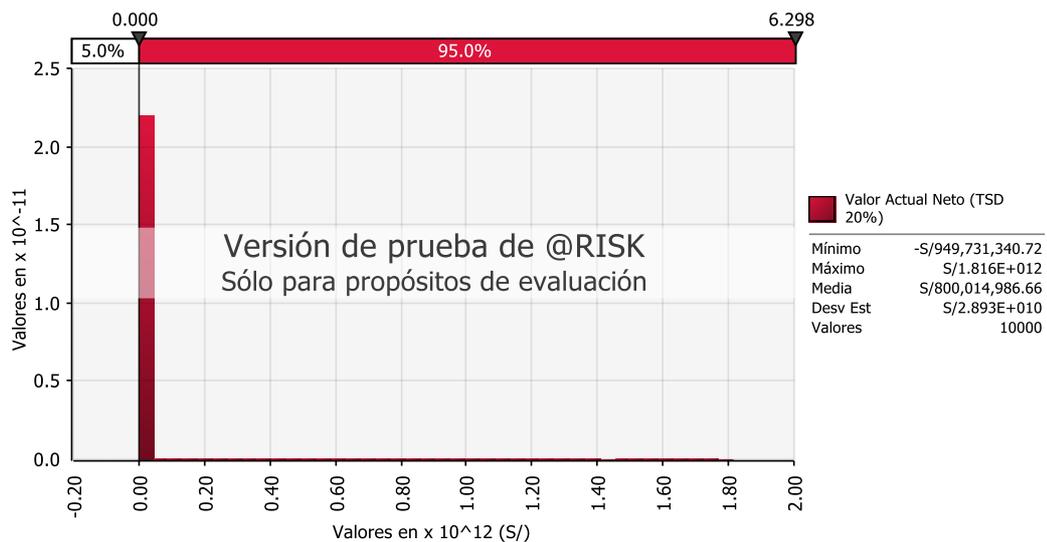
| Impactos económicos                                  | Valores           |
|--|-------------------|
| Valor Actual Neto (TSD 8 por ciento)                 | S/ 128,902,451.95 |
| Valor Actual Neto (TSD 20 por ciento)                | S/ 61,987,947.86  |
| Tasa Interna de Retorno (porcentaje)                 | 103               |
| Cambio de Excedente de Consumidor                    | S/ 45,876,027.06  |
| Cambio de Excedente de Productor                     | S/ 89,514,199.14  |
| Cambio de Excedente Social                           | S/ 135,390,226.19 |
| Población total Valle de Bajo Piura año (Censo 2017) | 263,624.00        |
| Total de productores de MAD en Bajo Piura            | 7,090.00          |
| Total superficie MAD en Bajo Piura (ha)              | 6,418.17          |
| Cambio de excedente por productor (12 años)          | S/ 12,625.42      |
| Cambio de excedente por persona                      | S/ 513.57         |
| Cambio de excedente por hectárea                     | S/ 13,947.00      |

Como se observa en la Figura 15, la adopción de una nueva semilla certificada de MAD de alto rendimiento, generaría un VAN positivo, con un valor medio de 1 640 millones de soles en 95 por ciento de escenarios, considerando una Tasa Social de Descuento (TSD) de 8 por ciento. Existe solo una probabilidad de 5 por ciento que el VAN esperado tome valores negativos, con una pérdida máxima que ascendería a 1 843 millones de soles.



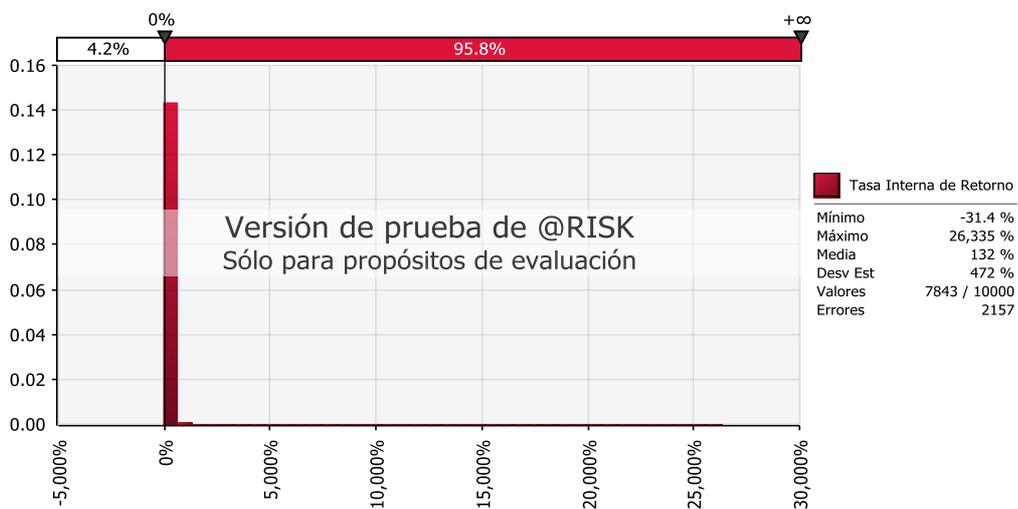
**Figura 15: Valor Actual Neto (8 por ciento)**

Adicionalmente se ha calculado el VAN con una Tasa Social de Descuento de 20 por ciento, bajo una situación hipotética de que la TSD experimente un incremento inesperado debido al aumento de riesgo en el país o debido a otros factores de carácter nacional o internacional. La Figura 16 muestra que bajo el supuesto de una TSD de 20 por ciento, se obtendría un VAN positivo con un valor promedio de 800 millones de soles, en un 95 por ciento de escenarios.



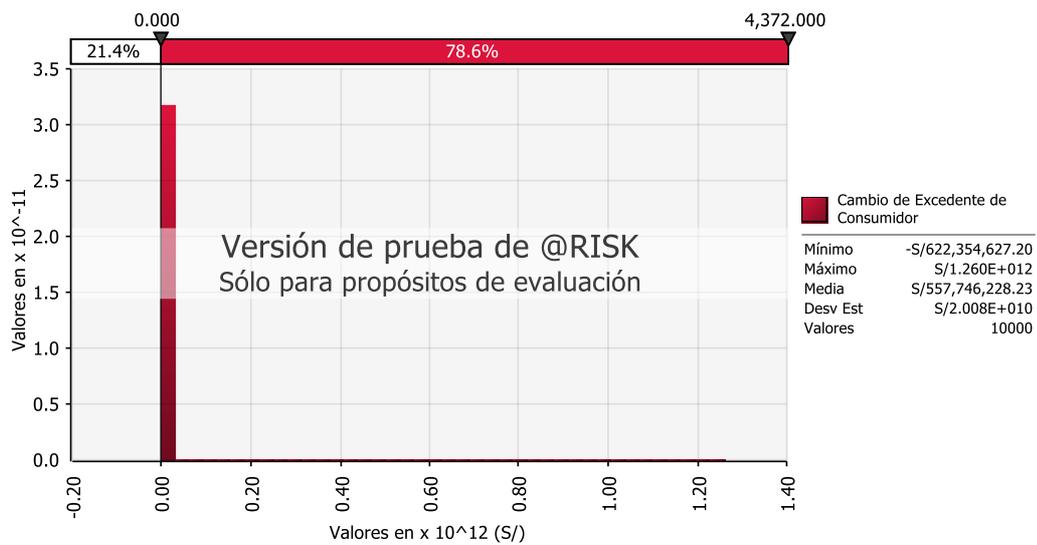
**Figura 16: Valor Actual Neto (20 por ciento)**

La Figura 17 muestra la estimación probabilística de la Tasa Interna de Retorno (TIR), existe una probabilidad de 95,8 por ciento que el citado indicador de rentabilidad tome un valor medio positivo de 132 por ciento, la probabilidad de pérdida se da en un 4,2 por ciento de escenarios simulados.



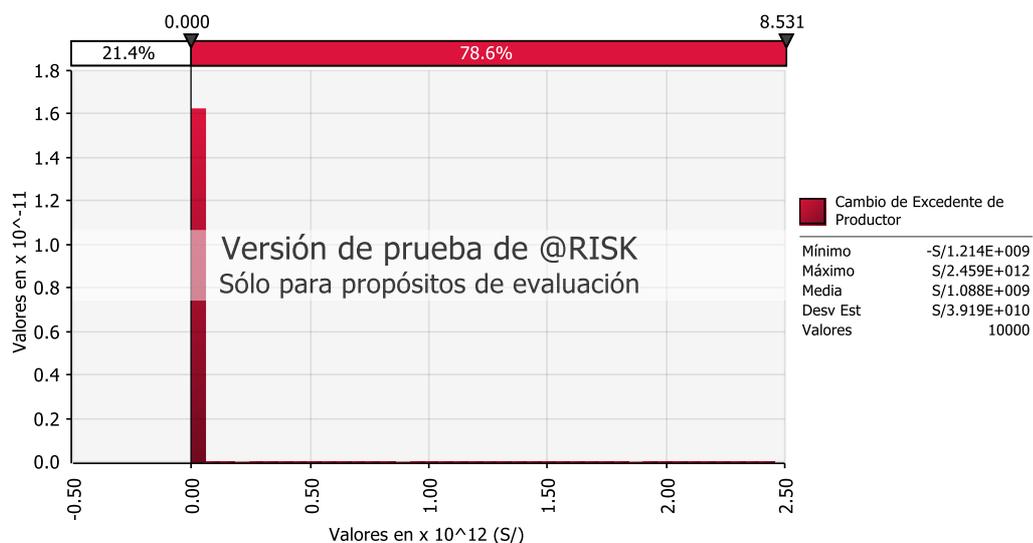
**Figura 17: Tasa Interna de Retorno**

Respecto a los cambios en el excedente del consumidor, la Figura 18 muestra que el excedente del consumidor sería positivo en un 78,6 por ciento de los escenarios, en otras palabras, existen altas probabilidades de que los consumidores se beneficien económicamente dado que habría mayor oferta de maíz amarillo duro en el mercado y ello conduciría a una reducción en el precio ofertado a consumidor. El valor medio de cambios en el excedente del consumir ascendería a 557 millones de soles. La probabilidad de pérdida se estimaría en 21,4 por ciento de los escenarios.



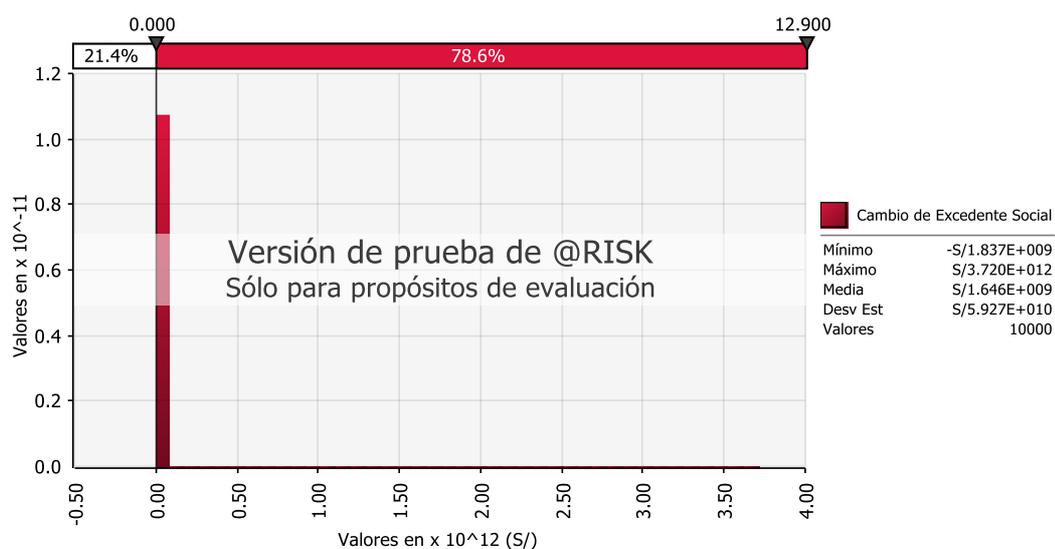
**Figura 18: Cambio de Excedentes del Consumidor**

Por su parte, en la Figura 19 se observa que existe una probabilidad de 78,6 por ciento que el excedente de los productores tome valores positivos, con lo que se puede inferir que es conveniente económicamente el cambio tecnológico de semilla no certificada a semilla certificada dado que el excedente de los productores aumentaría en promedio 1 088 millones de soles. Los escenarios negativos se dan en un 21,4 por ciento con una pérdida máxima de 1 214 millones de soles.



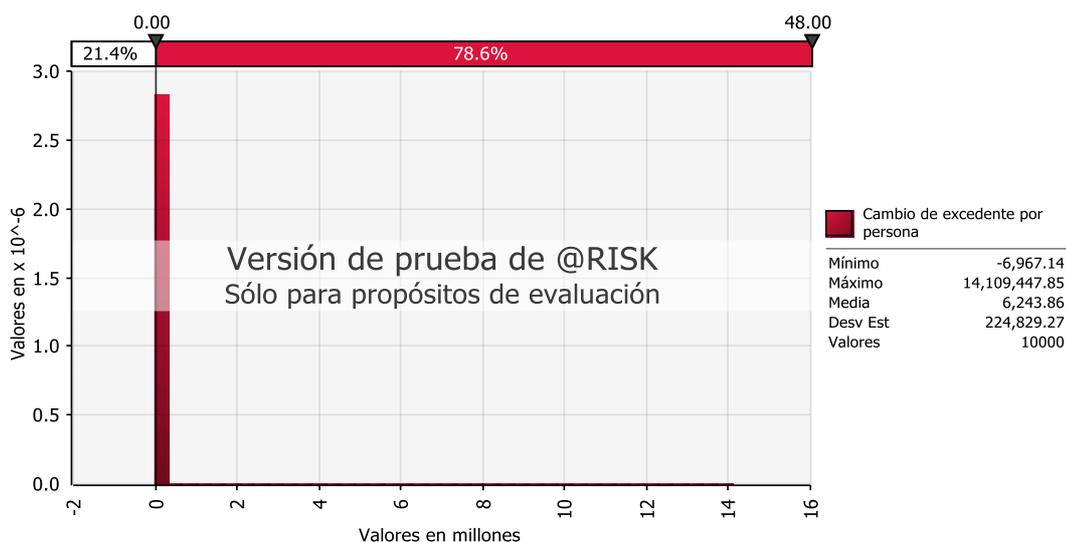
**Figura 19: Cambio de Excedentes del Productor**

Respecto a los excedentes sociales, la Figura 20 muestra que el cambio del excedente social acumulado en 12 años (2020 – 2032 periodo de evaluación) sería positivo en un 78,6 por ciento de los escenarios, con un valor medio de 1 646 millones de soles, los escenarios negativos, es decir de pérdida, se daría con una probabilidad de 21,4 por ciento. Los cambios positivos en los excedentes sociales se pueden interpretar como el incremento de los beneficios económicos con la adopción de semilla certificada de MAD tanto para productores y consumidores y la sociedad en su conjunto, es decir se traduce a una mejora del bienestar social.



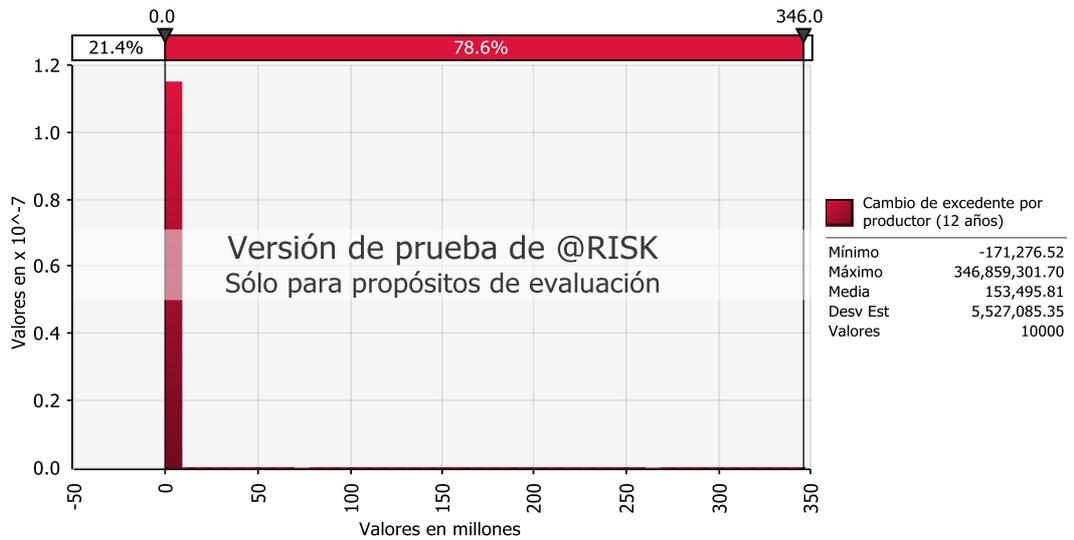
**Figura 20: Cambio de Excedente Social**

En cuanto al cambio de excedente per cápita en 12 años, se observa en la Figura 21 que existe una probabilidad de 78,6 por ciento de que este sea positivo con un valor medio de S/ 6 243.85, y una probabilidad de 21,4 por ciento de escenarios negativos con una pérdida máxima de S/ 6 967.14. Se puede interpretar que los beneficios económicos por cada poblador del Bajo Piura experimentarían un incremento debido al uso masivo de semilla certificada de alto rendimiento para la producción de MAD en dicha zona.



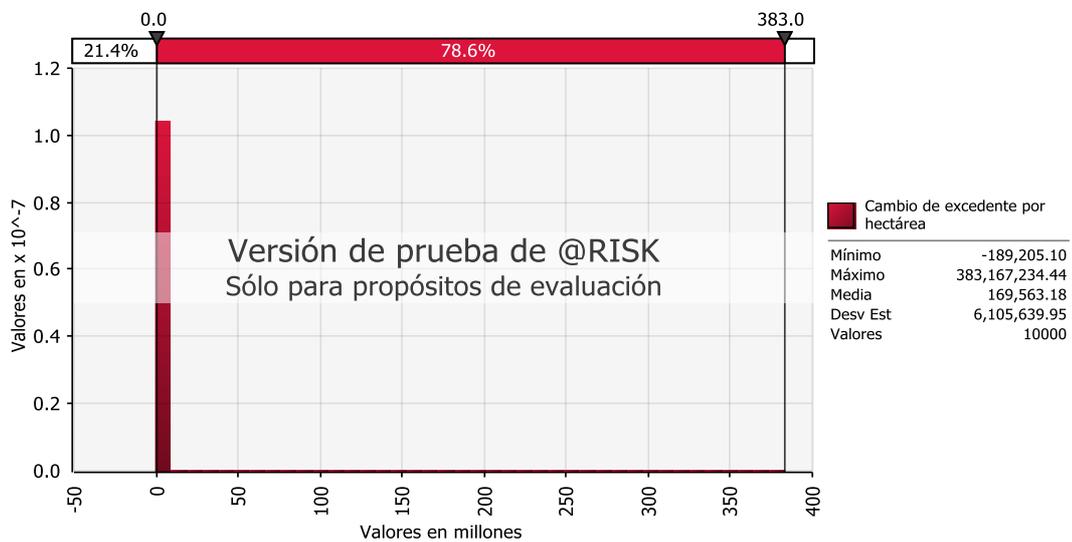
**Figura 21: Cambio de excedente por persona (12 años)**

En relación a la variación del excedente por productor acumulado en 12 años (Figura 22), este resultaría positivo en un 78,6 por ciento de escenarios simulados, con un valor medio esperado de S/ 153 495.81, la probabilidad de escenarios negativos, es decir, de pérdida, se calculan en 21,4 por ciento, ello corrobora que hay grandes posibilidades de que los beneficios económicos por cada productor de maíz amarillo duro se incrementen con el uso de semilla certificada en su producción.



**Figura 22: Cambio de excedente por productor (12 años)**

Finalmente, la Figura 23 muestra que el cambio de excedente acumulado por hectárea en 12 años resultaría positivo en un 78,6 por ciento de escenarios, con un valor medio de S/ 169 563. La probabilidad de escenarios negativos es de 21,4 por ciento.



**Figura 23: Cambio de excedente por hectárea (12 años)**

#### 4.1.3. Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ): Adopción de la semilla certificada de MAD en el departamento de Piura

Seguendo a Mogollón (2015), se utilizó el método del Coeficiente de Impacto Ambiental = CIA (*Environmental Impact Quotient* = EIQ) para calcular los beneficios ambientales

del uso de la semilla certificada de maíz amarillo duro. Considerando que la producción de MAD del Valle del Bajo Piura representa entre el 50 por ciento y 60 por ciento de la superficie cosechada regional, y que las condiciones ecológicas, climáticas y de suelos para la producción de dicho cultivo son similares en los Valles del Medio y Bajo Piura, se extrapoló el impacto ambiental de la producción de MAD para la región Piura.

De las encuestas aplicadas en el Valle del Bajo Piura, se encontró que los agricultores hacen alto uso (en cuanto a dosis y frecuencia de aplicación), en su mayoría, de pesticidas que contienen el ingrediente activo *Chlorpyrifos* para combatir el Gusano *Cogollero* (*Spodoptera frugiperda*) y el Gusano de Tierra (*Agrotys ipsylon*), cuyo Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) asciende a 26.9/ha. Los pesticidas más utilizados que contienen dicho ingrediente activo son los comercializados como: Agromil, Tifón, Dorsan, Bronco, Clorfos, Pyrinex. El segundo producto más empleado es comercializado con el nombre de Larvin, que contiene el ingrediente activo *Thiodicarb*, cuyo EIQ asciende a 23.3/ha, según los datos tabulares de Integrated Pest Management de la Universidad de Cornell.

Adicionalmente, según la literatura revisada, se conoce que la dosis recomendada de *Chlorpyrifos*, para combatir el gusano cogollero y el gusano de tierra en el cultivo de maíz amarillo duro, es de 1 litro/ha, diluido en 200 litros de agua, 02 aplicaciones por temporada/campaña<sup>10</sup>, con un periodo de carencia de 7 días. Por otro lado, la dosis recomendada de *Thiodicarb*, para combatir el gusano cogollero es de 0.5L/ha, 01 aplicación por temporada/campaña, con un periodo de carencia de 14 días. Por otro lado, es preciso mencionar que la literatura revisada argumenta que la semilla certificada requeriría menor uso de pesticidas, puesto que, al ser una semilla de alta calidad genética, resistente a problemas fitosanitarios como plagas y enfermedades y que ha seguido un estricto proceso de certificación, ello garantiza que dicha semilla se encuentra libre de hongos y plagas. En ese sentido, según se indicó en la sección 4.1.1, se espera que la adopción del uso de semilla certificada de maíz amarillo duro genere una reducción de costos de producción del cultivo de 46.6 por ciento asociados al menor uso de pesticidas.

La Tabla 22 muestra los resultados de los cálculos realizados para la obtención del impacto ambiental que se ha generado con el uso de pesticidas, principalmente productos con ingredientes activos como *Chlorpyrifos* y *Thiodicarb*, en la producción de maíz

---

<sup>10</sup> El Valle del Bajo Piura presenta dos campañas de maíz amarillo duro

amarillo duro con semilla No Certificada en el departamento de Piura durante el periodo del 2010 – 2019. El EIQ en campo calculado para el ingrediente activo *Chlorpyrifos* y Thiodicarb, según la fórmula discutida en el acápite de metodología<sup>11</sup>, asciende a 51.648 EIQ/ha y 8.737 EIQ/ha, respectivamente. Se observa que el impacto ambiental es mayor con los productos que contienen *Chlorpyrifos* (Agromil, Tifón, Dorsan, Pyrinex y Clorfos) pues el impacto ambiental asciende a 8 507 872; mientras que, el impacto ambiental generado por el uso de pesticidas que contienen *Thiodicarb*, comercializado como Larvin, asciende a 1 439 310.9. El impacto ambiental total generado durante el periodo 2010-2019, en el departamento de Piura, por el uso de pesticidas para combatir el gusano cogollero y el gusano de tierra en la producción de maíz amarillo duro con semilla No Certificada se calcula en 9 947 182.6 EIQ.

**Tabla 22: Impacto ambiental del uso de Semilla No Certificada de Maíz Amarillo Duro en el departamento de Piura (2010-2019)**

| Años   | Superficie Cosechada (ha) | Dosis (L/ha)  | Aplicaciones (Apl/año) | EIQ <i>Chlorpyrifos</i> (EIQ/ha) | Ingrediente activo (porcentaje) | Impacto EIQ Semilla No Certificada |
|--|---------------------------|---------------|------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 2010   | 19,747                    | 1.0           | 4                      | 26.9                             | 48                              | 1,019,893.1                        |
| 2011   | 18,901                    | 1.0           | 4                      | 26.9                             | 48                              | 976,198.8                          |
| 2012   | 16,906                    | 1.0           | 4                      | 26.9                             | 48                              | 873,161.1                          |
| 2013   | 18,961                    | 1.0           | 4                      | 26.9                             | 48                              | 979,297.7                          |
| 2014   | 14,052                    | 1.0           | 4                      | 26.9                             | 48                              | 725,757.7                          |
| 2015   | 16,543                    | 1.0           | 4                      | 26.9                             | 48                              | 854,412.9                          |
| 2016   | 16,608                    | 1.0           | 4                      | 26.9                             | 48                              | 857,770.0                          |
| 2017   | 16,608                    | 1.0           | 4                      | 26.9                             | 48                              | 857,770.0                          |
| 2018   | 12,659                    | 1.0           | 4                      | 26.9                             | 48                              | 653,812.0                          |
| 2019   | 13,743                    | 1.0           | 4                      | 26.9                             | 48                              | 709,798.5                          |
| Subtotal Impacto EIQ <i>Chlorpyrifos</i> - Semilla No Certificada de MAD             |                           |               |                        |                                  |                                 | 8,507,872                          |
| Años   | Superficie Cosechada (ha) | Dosis* (L/ha) | Aplicaciones (Apl/año) | EIQ <i>Thiodicarb</i> (EIQ/ha)   | Ingrediente activo (porcentaje) | Impacto EIQ Semilla No Certificada |
| 2010   | 19,747                    | 0.5           | 2                      | 23.3                             | 37.5                            | 172,539.4                          |
| 2011   | 18,901                    | 0.5           | 2                      | 23.3                             | 37.5                            | 165,147.5                          |
| 2012   | 16,906                    | 0.5           | 2                      | 23.3                             | 37.5                            | 147,716.2                          |
| 2013   | 18,961                    | 0.5           | 2                      | 23.3                             | 37.5                            | 165,671.7                          |
| 2014   | 14,052                    | 0.5           | 2                      | 23.3                             | 37.5                            | 122,779.4                          |
| 2015   | 16,543                    | 0.5           | 2                      | 23.3                             | 37.5                            | 144,544.5                          |
| 2016   | 16,608                    | 0.5           | 2                      | 23.3                             | 37.5                            | 145,112.4                          |
| 2017   | 16,608                    | 0.5           | 2                      | 23.3                             | 37.5                            | 145,112.4                          |
| 2018   | 12,659                    | 0.5           | 2                      | 23.3                             | 37.5                            | 110,608.0                          |
| 2019   | 13,743                    | 0.5           | 2                      | 23.3                             | 37.5                            | 120,079.5                          |
| Subtotal Impacto EIQ <i>Thiodicarb</i> - Semilla No Certificada de MAD               |                           |               |                        |                                  |                                 | 1,439,310.9                        |
| <b>Total Impacto Ambiental EIQ (2010 -2019) - Semilla No Certificada MAD - Piura</b> |                           |               |                        |                                  |                                 | <b>9,947,182.6</b>                 |

Fuente: Dirección Regional de Agricultura de Piura  
Elaboración Propia

<sup>11</sup>  $EIQ_{campo} = EIQ * (\text{porcentaje de componente activo}) * (\text{Dosis}) * (\text{Número de aplicaciones})$

En la Tabla 23, se muestra:

a. El pronóstico de la superficie cosechada de maíz amarillo duro para el periodo del 2020 – 2032, cabe indicar que se ha considerado el mismo periodo de análisis empleado para el cálculo de los excedentes económicos.

b. En la segunda y tercera columna de la tabla se muestra el porcentaje de superficie que son tratadas con pesticidas, según Mogollón (2015), el 85 por ciento de la superficie sería tratada con productos químicos para contrarrestar las plagas que atacan al cultivo.

c. En la tabla se ha incluido los porcentajes de adopción de la tecnología (semilla certificada de MAD), se consideran las tasas de adopción de Rogers (1983), empleadas en el modelo de excedentes económicos, a fin de calcular la superficie que sería utilizada por los productores para la siembra de maíz amarillo duro con semilla mejorada certificada, se consideró para el año 2021 una tasa de adopción de 2,86 por ciento, que asciende a 80 por ciento en el quinto año (2024). El cálculo del Coeficiente de Impacto Ambiental - EIQ se realizará con la superficie (ha) que anualmente adoptará la nueva tecnología (semilla certificada de maíz amarillo duro).

**Tabla 23: Superficie tratada con plaguicidas y tasa de adopción de la Semilla Certificada de Maíz Amarillo Duro (nueva tecnología)**

| Años | Superficie Cosechada (ha) Pronóstico | Superficie tratada con pesticidas (85 por ciento) | Semilla no certificada    | Semilla certificada           |                                   |                                      |
|------|--------------------------------------|---|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
|      |                                      |   | Superficie Cosechada (ha) | Tasa de Adopción (porcentaje) | Superficie (ha) Adopta Tecnología | Superficie (ha) No adopta tecnología |
| 2020 | 13,013                               | 0.85  | 11,061                    | 0                             | -                                 | 11,061                               |
| 2021 | 12,384                               | 0.85  | 10,527                    | 3                             | 295                               | 10,232                               |
| 2022 | 11,755                               | 0.85  | 9,992                     | 16                            | 1,599                             | 8,393                                |
| 2023 | 11,126                               | 0.85  | 9,457                     | 50                            | 4,729                             | 4,729                                |
| 2024 | 10,497                               | 0.85  | 8,923                     | 80                            | 7,138                             | 1,785                                |
| 2025 | 9,868                                | 0.85  | 8,388                     | 80                            | 6,710                             | 1,678                                |
| 2026 | 9,239                                | 0.85  | 7,853                     | 80                            | 6,283                             | 1,571                                |
| 2027 | 8,610                                | 0.85  | 7,319                     | 80                            | 5,855                             | 1,464                                |
| 2028 | 7,981                                | 0.85  | 6,784                     | 80                            | 5,427                             | 1,357                                |
| 2029 | 7,352                                | 0.85  | 6,249                     | 80                            | 4,999                             | 1,250                                |
| 2030 | 6,723                                | 0.85  | 5,715                     | 80                            | 4,572                             | 1,143                                |
| 2031 | 6,094                                | 0.85  | 5,180                     | 80                            | 4,144                             | 1,036                                |
| 2032 | 5,465                                | 0.85  | 4,645                     | 80                            | 3,716                             | 929                                  |

La Tabla 24 muestra la proyección del impacto ambiental, medido a través del EIQ, que se generaría por el uso de pesticidas que contienen *Chlorpyrifos* y *Thiodicarb*, en la producción de maíz amarillo duro con semilla no certificada en el departamento de Piura.

El EIQ<sub>campo</sub> asciende 60.37, y la proyección del impacto total generado a 12 años asciende a 6 164 873.72.

**Tabla 24: Impacto ambiental del uso de Semilla No Certificada de Maíz Amarillo Duro en el departamento de Piura (2020-2032)**

| Años   | Superficie Cosechada (ha) | Chlorpyrifos  |                        |              |                          | Thiodicarb    |                        |              |                          | Impacto EIQ Semilla No Certificada |
|--|---------------------------|---------------|------------------------|--------------|--------------------------|---------------|------------------------|--------------|--------------------------|------------------------------------|
|  |                           | Dosis* (L/ha) | Aplicaciones (Apl/año) | EIQ (EIQ/ha) | Ing. activo (porcentaje) | Dosis* (L/ha) | Aplicaciones (Apl/año) | EIQ (EIQ/ha) | Ing. activo (porcentaje) |                                    |
| 2020   | 11,061                    | 1.0           | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.5           | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 667,937.30                         |
| 2021   | 10,527                    | 1.0           | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.5           | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 635,651.26                         |
| 2022   | 9,992                     | 1.0           | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.5           | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 603,365.22                         |
| 2023   | 9,457                     | 1.0           | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.5           | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 571,079.18                         |
| 2024   | 8,923                     | 1.0           | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.5           | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 538,793.14                         |
| 2025   | 8,388                     | 1.0           | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.5           | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 506,507.10                         |
| 2026   | 7,853                     | 1.0           | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.5           | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 474,221.06                         |
| 2027   | 7,319                     | 1.0           | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.5           | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 441,935.01                         |
| 2028   | 6,784                     | 1.0           | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.5           | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 409,648.97                         |
| 2029   | 6,249                     | 1.0           | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.5           | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 377,362.93                         |
| 2030   | 5,715                     | 1.0           | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.5           | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 345,076.89                         |
| 2031   | 5,180                     | 1.0           | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.5           | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 312,790.85                         |
| 2032   | 4,645                     | 1.0           | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.5           | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 280,504.81                         |
| <b>Total Impacto Ambiental EIQ - Semilla No Certificada de MAD</b> |                           |               |                        |              |                          |               |                        |              |                          | <b>6,164,873.72</b>                |

Por otro lado, en la Tabla 25, se observa los resultados de la proyección del impacto ambiental que se generaría como producto de la adopción de la nueva tecnología, en el departamento de Piura, para el mismo horizonte de evaluación.

**Tabla 25: Impacto ambiental del uso de Semilla Certificada de Maíz Amarillo Duro en el departamento de Piura (2020-2032)**

| Años  | Superficie Cosechada (ha) | Chlorpyrifos |                        |              |                          | Thiodicarb   |                        |              |                          | Impacto EIQ Semilla Certificada |
|---|---------------------------|--------------|------------------------|--------------|--------------------------|--------------|------------------------|--------------|--------------------------|---------------------------------|
|   |                           | Dosis (L/ha) | Aplicaciones (Apl/año) | EIQ (EIQ/ha) | Ing. activo (porcentaje) | Dosis (L/ha) | Aplicaciones (Apl/año) | EIQ (EIQ/ha) | Ing. activo (porcentaje) |                                 |
| 2020  | 11,061                    |              |                        |              |                          |              |                        |              |                          | 667,937.30                      |
| 2021  | 295                       | 0.25         | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.25         | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 5,093.39                        |
| 2022  | 1,599                     | 0.25         | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.25         | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 27,626.77                       |
| 2023  | 4,729                     | 0.25         | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.25         | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 81,713.96                       |
| 2024  | 7,138                     | 0.25         | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.25         | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 123,350.80                      |
| 2025  | 6,710                     | 0.25         | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.25         | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 115,959.26                      |
| 2026  | 6,283                     | 0.25         | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.25         | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 108,567.73                      |
| 2027  | 5,855                     | 0.25         | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.25         | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 101,176.19                      |
| 2028  | 5,427                     | 0.25         | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.25         | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 93,784.65                       |
| 2029  | 4,999                     | 0.25         | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.25         | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 86,393.12                       |
| 2030  | 4,572                     | 0.25         | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.25         | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 79,001.58                       |
| 2031  | 4,144                     | 0.25         | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.25         | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 71,610.05                       |
| 2032  | 3,716                     | 0.25         | 4                      | 26.9         | 48                       | 0.25         | 2                      | 23.3         | 37.5                     | 64,218.51                       |
| <b>Total Impacto Ambiental EIQ - Semilla Certificada de MAD</b> |                           |              |                        |              |                          |              |                        |              |                          | <b>1,626,433.31</b>             |

Es preciso indicar que, según la literatura revisada y los especialistas consultados tanto en la Dirección Regional de Agricultura-Piura y en el Instituto Nacional de Innovación Agraria, la adopción de la nueva tecnología (semilla certificada) en la producción de MAD implicaría una reducción del 75 por ciento en el uso de pesticidas, por lo que se ha considerado en el cálculo una dosis de 0.25 L/ha, para el caso del ingrediente activo Chlorpyrifos; y para Thiodicarb, la dosis se reduciría en 50 por ciento, por lo que se consideró 0.25 L/ha. El  $EIQ_{\text{campo}}$  se calcula en 17.27 y la proyección del impacto total considerando las hectáreas cultivadas que adoptarían la semilla certificada a 12 años asciende a 1 626 433.31 EIQ. La producción de MAD con semilla certificada es menos contaminante.

Finalmente, en la Tabla 26, se muestra la comparación del impacto ambiental, medido a través del coeficiente EIQ, que resultaría de la producción de maíz amarillo duro con semilla no certificada y con semilla certificada (nueva tecnología) en la región Piura, para el periodo 2020 -2032. Como se observa, el impacto ambiental se reduciría en un 73.6 por ciento si los productores adoptan la nueva tecnología, además se cuantificaría un ahorro que asciende a 4 538 440.42 EIQ.

**Tabla 26: Comparación del Impacto Ambiental EIQ generado en la producción de MAD con semilla no certificada y semilla certificada (2020 – 2032)**

| Años         | Superficie <sup>12</sup><br>Cosechada<br>(ha) | Impacto EIQ<br>Semilla No<br>Certificada | Impacto EIQ<br>Semilla<br>Certificada | Ahorro de<br>EIQ<br>(unidades<br>EIQ/ha) |
|--------------|---|--|---------------------------------------|--|
| 2020         | 11,061  | 667,937.30                               | 667,937.30                            | 0.00                                     |
| 2021         | 295   | 635,651.26                               | 5,093.39                              | 630,557.87                               |
| 2022         | 1,599   | 603,365.22                               | 27,626.77                             | 575,738.44                               |
| 2023         | 4,729   | 571,079.18                               | 81,713.96                             | 489,365.22                               |
| 2024         | 7,138   | 538,793.14                               | 123,350.80                            | 415,442.34                               |
| 2025         | 6,710   | 506,507.10                               | 115,959.26                            | 390,547.83                               |
| 2026         | 6,283   | 474,221.06                               | 108,567.73                            | 365,653.33                               |
| 2027         | 5,855   | 441,935.01                               | 101,176.19                            | 340,758.82                               |
| 2028         | 5,427   | 409,648.97                               | 93,784.65                             | 315,864.32                               |
| 2029         | 4,999   | 377,362.93                               | 86,393.12                             | 290,969.82                               |
| 2030         | 4,572   | 345,076.89                               | 79,001.58                             | 266,075.31                               |
| 2031         | 4,144   | 312,790.85                               | 71,610.05                             | 241,180.81                               |
| 2032         | 3,716   | 280,504.81                               | 64,218.51                             | 216,286.30                               |
| <b>Total</b> |   | <b>6,164,873.72</b>                      | <b>1,626,433.31</b>                   | <b>4,538,440.42</b>                      |

<sup>12</sup> Se refiere a la superficie cosechada que adopta la nueva tecnología, es decir la semilla certificada de MAD. Calculada con los niveles de adopción discutidos por Rogers (1983)

## **4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **4.2.1. Sobre los beneficios económicos del uso de semilla certificada de MAD en el Valle del Bajo Piura.**

Respecto a los beneficios económicos que generaría la adopción de la semilla certificada (nueva tecnología) en la producción de maíz amarillo duro en el Valle del Bajo Piura, se determinó que semillas certificadas de MAD, de alta calidad, como Dekalb, INIA 619 – Megahíbrido y Pioneer, son alternativas rentables para los productores de la zona, dado que el Índice de Beneficio Costo Marginal asciende a 1.17, el incremento del margen de utilidad asciende a S/ 2 557.2 por ha, y la rentabilidad se incrementa de 64 por ciento a 96 por ciento, explicado principalmente por el incremento en el rendimiento de la semilla certificada (29 por ciento). Los productores de MAD del Valle del Bajo Piura estarían dejando de percibir ingresos brutos que alcanzan los S/ 13 650.00, por no usar semilla certificada de maíz. Los resultados comparables y cercanos a los hallazgos de Echevarría (2008), Figueroa (2019), Escalante (2018), Braul y Diez (2018), quienes encuentran que la semilla certificada mejora los ingresos y rentabilidad de productores en el corto plazo para el caso de papa, arroz, y MAD, con índices de B/C mayores a 1 (3.77, 1.14, 1.30, respectivamente). En relación al incremento del margen de utilidad (S/), los resultados se asemejan a lo hallado por Escalante (2018), para el caso de semilla de MAD Megahíbrido INIA 619 en Huara, quien encontró que, por el uso de semilla certificada, hay un incremento entre 2 220 a 3 900 soles en ingreso neto para los productores de maíz amarillo duro, explicado principalmente por el incremento en el rendimiento.

### **4.2.2. Sobre los excedentes del productor, consumidor y sociedad**

La producción de maíz amarillo duro con semilla certificada en el valle de estudio, impacta positivamente en el bienestar del productor, consumidor y la sociedad en conjunto. Se reporta mejoras en el bienestar de los productores de maíz, pues se genera un incremento del margen de utilidad por hectárea cosechada en 62.2 por ciento, los incrementos en los excedentes del productor se cuantifican en S/. 15 872 658.77, a partir del año 2024, con el máximo de adopción de la tecnología (80 por ciento). Para el horizonte evaluación (2020 – 2032), el cambio del excedente del productor en el valle del Bajo Piura asciende a S/ 12 625.42, y el cambio de excedente por hectárea se cuantifica en S/ 13 947.00.

Asimismo, la semilla certificada genera beneficios para el cultivo, dado que favorece un rápido y uniforme establecimiento en campo, permite al productor tener una población adecuada de plantas, genera un cultivo libre de organismos patógenos, no presenta contaminantes varietales, y la semilla está exenta de maleza. Por su parte, los incrementos en los excedentes de los consumidores ascienden a S/ 8 134 737.62, además los principales demandantes/consumidores de este grano, como empresas avícolas dedicadas a la producción, distribución y comercialización de carne de pollo; y productores pecuarios dedicados a la crianza de aves y porcinos, resultan beneficiados por la mayor oferta de maíz amarillo duro, como principal insumo en la elaboración de alimento balanceado para aves y porcinos.

Los impactos positivos se extienden también a los consumidores que demandan el citado grano como materia prima de la molienda seca para producción de alimentos para consumo humano y otras materias primas intermedias usadas por la industria alimentaria; y como materia prima de la molienda húmeda para obtener ingredientes alimentarios e insumos para industrias distintas a la alimentaria, dado que tendrían un maíz de mejor calidad por el menor uso de agroquímicos en su producción. Se reporta un incremento en el bienestar de la sociedad en su conjunto, medido por los cambios en el excedente social, que se cuantifican en S/ 24 007 396.38, además de los beneficios para su salud y medio ambiente que devienen por la reducción del uso de pesticidas en la producción de MAD.

Para el Estado, resulta rentable la inversión en investigación, generación y transferencia tecnológica de una semilla de maíz amarillo duro de calidad, de alto rendimiento y tolerante al gusano cogollero, en el horizonte de evaluación analizado, dado que se obtiene un VAN positivo que asciende a más de 128 millones de soles, con una tasa de descuento de 8 por ciento, y una Tasa Interna de Retorno de 103 por ciento, lo cual justifica los esfuerzos gubernamentales para el desarrollo de esta semilla y su difusión. Los resultados están en línea con lo encontrado por Braúl y Diez (2018) que al reemplazar la semilla Marginal 28 T por la semilla INIA 616 Ucayali, los productores tendrían un excedente de productor de 8,5 millones de dólares y los consumidores un excedente de 4,5 millones de dólares. Asimismo, sería rentable para el gobierno (y para el país) porque el Valor Actual Neto de la inversión pública en el desarrollo de esta semilla resulta de 13,7 millones de dólares y una TIR de 98 por ciento. Los resultados son similares a lo encontrado por Figueroa (2019), Braul y Diez (2018), en cuanto al porcentaje de

repartición de excedentes acumulados a largo plazo, los productores obtienen el 66 por ciento y los consumidores el 34 por ciento del excedente total acumulado.

#### **4.2.3. Sobre el impacto ambiental del uso de semilla certificada de MAD en la región Piura**

Se reportaría una reducción del 73.6 por ciento en el impacto total ambiental (medido por el Coeficiente de Impacto Ambiental – EIQ) en la región Piura, debido principalmente a la reducción de los requerimientos de pesticidas, que contienen *Chlorpyrifos* y *Thiodicarb*, para hacer frente al gusano cogollero y gusano de tierra, en la producción de maíz amarillo duro con semilla certificada (nueva tecnología). El impacto total ambiental a largo plazo pasaría de más de 6 millones de EIQ a 1 millón para el periodo de proyección del 2020 – 2032, si los productores de MAD de la región adoptan la semilla certificada. Cabe precisar que los efectos ambientales positivos de ejemplares certificados de MAD también se observarían en el corto plazo (primeros años de la adopción de la nueva tecnología). Adicionalmente, al reducirse el impacto ambiental por el uso de menores dosis de pesticidas, se reduce indirectamente los efectos nocivos en la salud de los agricultores y las personas expuestas a los pesticidas, este impacto positivo se extiende a la mejora de la sanidad de la flora y fauna de las explotaciones agropecuarias locales.

Los resultados no se han podido comparar con otras investigaciones sobre semilla convencional dado que se limitan a realizar análisis económicos, y se deja de lado el aspecto ambiental. No obstante, Mogollón (2015) encontró que el impacto ambiental ex ante de una semilla de MAD OGM en Lambayeque reduciría el impacto ambiental en 50 por ciento, pero la evaluación se realizó con datos adaptados pues en el Perú existe una ley de moratoria de transgénicos.

## V. CONCLUSIONES

1. El uso de semilla certificada en la producción de maíz amarillo duro, generaría beneficios económicos importantes para el productor agrario del Valle del Bajo Piura, por el incremento del rendimiento por hectárea en 29 por ciento, al reemplazar la semilla no certificada con semilla certificada, con un incremento del margen de utilidad de 62,2 por ciento, con un valor esperado medio de S/ 2554,50 con 80,2 por ciento de escenarios positivos, incrementando la rentabilidad de la actividad productiva de MAD a 96 por ciento, y que se corrobora con el Índice de Beneficio Costo Marginal con un valor esperado medio de 1,17, con 80,2 por ciento de escenarios de rentabilidad positiva.
2. La evaluación de largo plazo (2020 - 2032), arroja que la inversión en semilla certificada de MAD en el Valle del Bajo Piura beneficia a la sociedad: i) Los principales demandantes de MAD en el valle (empresas avícolas y porcicultores, agricultores productores de carne de ave y otros), tendrían mayor oferta de grano de calidad en el mercado, con incrementos promedios en sus excedentes, en 12 años, de más de 45 millones de soles, ii) Los productores experimentarían incrementos promedios acumulados mayores a 89 millones de soles (un excedente acumulado por hectárea de 13 947 soles); y, iii) El excedente social en el valle del Bajo Piura llegaría a 135 millones de soles (513,57 soles per cápita). Los excedentes adicionales acumulados de la sociedad, con una adopción de 80 por ciento de la semilla certificada de MAD, se distribuyen entre productores (66 por ciento) y consumidores (34 por ciento). La inversión gubernamental en la obtención y transferencia de una semilla de calidad certificada es rentable socialmente, pues el Valor Actual Neto asciende a 128 millones de soles, y una Tasa Interna de Retorno de 103 por ciento, con 95 por ciento de escenarios positivos.
3. El análisis del impacto ambiental del uso extendido de la semilla certificada de MAD en la región Piura, medido con el Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ), señala que el impacto ambiental se reduciría en 73.6 por ciento en el periodo 2020 -2032, al

reducir el uso de pesticidas que contienen los ingredientes activos *Chlorpyrifos* y *Thiodicarb*. Los impactos positivos se extienden a los seres humanos, flora y fauna, pues se reducen los efectos nocivos a la salud pública y la sanidad vegetal en la región, en línea con la promoción y desarrollo de una agricultura sostenible. Es preciso indicar que los resultados son relativos dado que el productor emplea los citados productos por su mayor efectividad en el control de gusano cogollero y de tierra, a comparación de otros insecticidas en el mercado, tanto en la producción de MAD con semilla certificada y no certificada.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. El Estado, a través de las instituciones competentes en materia de desarrollo agrario, específicamente en actividades relacionadas a la disponibilidad, promoción, acceso, y uso de semillas certificadas, debe fortalecer sus políticas y estrategias nacionales orientadas a impulsar el uso de semilla certificada (principalmente de híbridos dado que presentan mayor rendimiento a comparación de las variedades), como principal insumo estratégico en la producción agrícola, poniendo énfasis en los cultivos que presentan mayor importancia económica y social, como es el caso del maíz amarillo duro; para ello resulta crucial la articulación de las acciones gubernamentales vinculadas a la generación de híbridos mejorados y a la promoción de la adopción de dichas innovaciones (nuevas tecnologías) por parte de los productores agropecuarios, lo que coadyuvará a la mejora de la competitividad, del bienestar de los productores y consumidores, y de la seguridad alimentaria, en el marco del proceso de recuperación socioeconómica como consecuencia de la pandemia por el Covid-19.
2. El Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA, en cumplimiento de su funciones como entidad que ejerce la rectoría en materia de semillas, debe impulsar y fortalecer programas de supervisión de las actividades en semillas, como acción estratégica posterior a la promoción del uso de semilla de calidad y a los procesos de certificación de semillas, dado que un deficiente servicio de verificación de la calidad de la semilla y de supervisión, podría conllevar al incremento del comercio ilegal de este insumo, lo que genera desaliento en los productores de semilla y problemas sanitarios y de calidad que perjudica a la agricultura nacional.
3. El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego – MIDAGRI, el SENASA, el Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA, a través de sus Estaciones Experimentales Agrarias, órganos desconcentrados a nivel regional; y, los Gobiernos Regionales y Locales, a través de las Direcciones Regionales de Agricultura y Agencias Agrarias, deben realizar: i) Primero: un trabajo intenso de promoción y concientización sobre la importancia y beneficios de la semilla certificada como principal insumo en la producción agrícola, factor que influye con mayor peso en los rendimientos de la

producción y por ende en los ingresos del productor; ii) Segundo: un trabajo articulado y coordinado en la atención de las demandas en materia de extensión agraria, transferencia de paquetes tecnológicos y asistencia técnica por parte de los agricultores, poniendo énfasis principalmente en la importancia del adecuado manejo agronómico del cultivo (labores culturales, y control fitosanitario de manera preventiva con aquellos insecticidas de menor toxicidad, y en las dosis mínimas requeridas para reducir su uso). La difusión de información y transferencia de conocimiento técnico permitirá una adecuada toma de decisiones por parte del productor.

4. El Estado debe mejorar las condiciones de acceso al financiamiento agrícola, lo cual permitirá al productor la adquisición de nuevas tecnologías que coadyuven a incrementar la productividad y rentabilidad de la actividad agrícola, y por ende el bienestar de los productores.
5. En cuanto a la parte metodológica sobre el cálculo de la dosis de insecticidas para la producción de MAD con semilla certificada, se recomienda para posteriores investigaciones el mejoramiento y sofisticación en la obtención de dosis óptimas, ya que en la presente investigación se trabajó en base a información de expertos.
6. Por otro lado, se recomienda realizar este tipo de estudios en otros ámbitos geográficos, y para otros cultivos de importancia económica y social para el desarrollo de la agricultura nacional.
7. Finalmente, precisar que los resultados de la investigación se enmarcan específicamente en el contexto de los productores de MAD del Bajo Piura; por lo que, para el arribo a conclusiones más generales, se requeriría una mayor cobertura de productores.

## 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. Lima.
- AGRODATA. 2018. Perú. Importaciones de productos agropecuarios del Perú, 2017-2019. Información en base a estadísticas de Sunat. Consultado en <https://www.agrodataperu.com/importaciones-productos-agropecuarios>
- Alston, J; Norton, G; Pardey, P. 1995. Science Under Scarcity: Principles and Practice for Agricultural Research Evaluation and Priority Setting. London UK and Ithaca, NY: Cornell University Press for the International Service for National Agricultural Research. ISBN 0-8014-2937-4. pp 585
- Aragaki, A. 2014. Dependencia de la semilla de maíz amarillo duro importada y competitividad de este cultivo en la provincia de Barranca, Región Lima. Tesis para optar el grado de Magíster en Economía Agrícola. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Boada, R; Espinosa, J. 2016. Factores que limitan el potencial de rendimiento del maíz de polinización abierta en campos de pequeños productores de la Sierra de Ecuador. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Instituto de Investigación y Posgrado. Quito, Ecuador. Siembra 3. 2016. 067-082 ISSN: 1390-8928.
- Bogdanović, S; Mladenov, V; Balešević, S. 2015. The importance of using certified seed. *Selekcija I Semearstvo, Volumen XXI* (2015) broj 2: 63 -67.
- Bravo, F., Zorogastúa, P. & Pinedo, R. 2019. Sustentabilidad social del sistema agrícola de maíz amarillo duro en el Valle de Pativilca – Lima. *Idesia*. Volumen 37(3):107-114. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019000300107>
- Braúl. W. y Diez, R. 2018. Efectos socio-económicos de la liberación del cultivar “INIA 616 Ucayali” de maíz amarillo duro (*Zea mays*) en Ucayali. *Cultura Viva Amazónica*. 2(02). <https://doi.org/10.37292/riccva.v2i02.54>
- CENAGRO (IV Censo Nacional Agropecuario). 2012. Instituto Nacional de Estadística e Informática.

- Chura, J; Tejada, J. 2014. Comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de La Molina, Perú. *Anales científicos, Volumen 32*, N°1. pp. 113 -118.
- Chumpitaz, D. 2018. Densidades de siembra y dos variedades de maíz amarillo duro (*Zea mays L.*) con abono foliar en la localidad de La Molina. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo.
- CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center, México). 2021. La importancia de las semillas certificadas. Consultado en <https://idp.cimmyt.org/la-importancia-de-las-semillas-certificadas/>
- CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center, México). 2019. Consultado en <https://www.cimmyt.org/es/nuestro-trabajo/maiz/>
- Coutiño, B; Sánchez, G; Vidal, V. 2004. El uso de semilla F2 de híbridos de maíz en la fraileasca, Chiapas reduce el rendimiento y las ganancias netas. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 27, N°3, 2004, pp. 261-266. Chapingo, México.
- Contreras, E. 2009. Evaluación de inversiones bajo incertidumbre: teoría y aplicaciones a proyectos en Chile. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES). Serie Santiago de Chile. 63 Manuales. Noviembre de 2009. pp 115.
- Da Silva, E. 2017. Rentabilidade e risco de sistemas de produção de culturas anuais no estado do Mato Grosso. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agronômicas. Tese de Mestrado em Agronomia. Botucatu, Brasil.
- Diez, R; Gómez, R; Varona, A. 2013. Análisis de metodologías de evaluación antes y después de cambios tecnológicos: el caso de la liberación de los organismos genéticamente modificados en el Perú. *Fórum Empresarial*, 18(1).
- Diez, R; Gómez, R; Guillén, L; Falck-Zepeda. 2017. Evaluación ex ante de la liberación de alternativas transgénicas en el cultivo de maíz amarillo duro en el Perú. Fundación para el Desarrollo Agrario, Proyecto LAC-Biosafety. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Diez, R; Gómez, R; Linares, A. 2018. Rentabilidad de la innovación genética en maíz amarillo duro (*Zea mayas L.* Var *indurata*) y papa blanca (*Solanum tuberosum*) en el Perú. *Enfoque* (2-3). ISSN 2517-9349. pp. 43-74.
- DRAP (Dirección Regional de Agricultura de Piura). 2018. Estadísticas de producción, superficie, rendimiento y precio en chacra por distritos de la región Piura, 2014 – 2018.
- Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: Su producción, conservación y

- almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 2010, Vol 31(1). pp. 74-85.
- Echevarría, N. 2008. Impacto económico del uso de semilla certificada de papa (*Solanum tuberosum L.*) cultivar canchán, distrito de Huasahuasi, provincia de Tarma, región Junín; campaña agrícola 2006 – 2007. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Economía Agrícola. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Escalante, J. 2018. Rentabilidad de la semilla de maíz amarillo duro INIA 619 – Megahíbrido en la provincia de Huara, región Lima. Tesis de economista. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- ENIS (Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra). 2021. Intención de siembras Campaña Agrícola 2020-2021 – Análisis por cultivo. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.  
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMzhmM2MzMTEtNTMxMS00MmFkLWFkY2QtZDYxMDhjODFkODE1IiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2016. Ahorrar para crecer en la práctica. Maíz, Arroz, Trigo. Guía para la producción sostenible de cereales. Roma. ISBN 978-92-5-308519-4.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2011. Estudio Producción y Protección Vegetal. Semillas en emergencias. Manual Técnico. ISSN 1014-1227. Roma
- Figuroa, L., Diez, R., Gómez, R. & Linares, A. 2019. Beneficios económicos del uso de semilla certificada en la producción de arroz (*Oryza sativa*) en el Perú. *Anales Científicos*, Volumen 80(2):437-451. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v80i2.1459>
- Falck-Zepeda, J. 2010. Sesión 3: Descripción de Métodos Rápidos, International Food Policy Research Institute del Taller realizado en Cali, 2010
- Guerrero, A. 2018. Manejo de plaguicidas en cultivos de *Zea mays L.* “maíz” (Pocoaceae), *Brassica cretica Lam.* “broccoli” (Brassicaceae), *Apium graveolens L.* “apio”, *Coriandrum sativum L.* “cilantro” (Apiaceae), *Allium fistulosum L.* “cebolla china” (Amaryllidaceae) en la campiña de Moche, Trujillo, Perú. *Arnaldoa* 25 (1): 159-178, 2018.

- Guillén, L. & La Rosa, M. 2019. Impacto económico de la regulación ambiental en la producción de papa en Barranca, Lima. *Anales Científicos, Volumen 80(2):409-420*. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v80i2.1457>
- Hurley, T. 2010. A review of agricultural production risk in the developing world. Harvest Choice. Better Choices, Better Lives. p 55.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2013. La cadena de valor de maíz en el Perú. Diagnóstico del estado actual, tendencias y perspectivas. p 107.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2015. Documento Técnico: Una productividad competitiva, incluyente y sustentable: oportunidad para el continente americano. 13 p.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2015. Gestión de riesgos de la agricultura familiar en América Latina y El Caribe. Boletín CEPAL-FAO-IICA. p 29.
- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). 2018. Dirección de gestión de la Innovación Agraria. Área de Regulación en Semillas.
- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). 2009. Resolución Jefatural N° 00166-2009-INIA, que aprueba las normas para la producción, certificación y comercio de semilla de algodón, arroz, leguminosas de grano, maíz, papa, trigo, cebada y avena.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria). 2001. Siembra y abonamiento del Maíz Amarillo Duro. Dirección General de Investigación Agraria. Estación Experimental Agraria Santa Ana. Serie Folleto R.I N° 7. Noviembre 2021.
- Llumiquinga, A. 2009. Evaluación del impacto ambiental de tecnologías para producción de papa con alternativas al uso de plaguicidas peligrosos en el Cantón Píllaro-Provincia de Tungurahua. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Agronómica. Ecuador.
- MacRobert, J; Setimela, P; Gethi, J; Worku, M. 2015. Manual de producción de semilla de maíz híbrido. México, D.F. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo - CIMMYT.
- Manzanares, S. 2009. Gestión de riesgos en agricultura: Análisis y prospección de seguros de ingresos en España. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias. Tesis Doctoral.

- MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego). 2021. Observatorio de Commodities – Maíz Amarillo Duro. Dirección General de Políticas Agrarias. Dirección de Estudios Económicos. Boletín de Publicación Trimestral N° 01-2021.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2020. Marco Orientador de Cultivos. Campaña Agrícola 2021 – 2021. Dirección General de Políticas Agrarias. Ministerio de Agricultura y Riego.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2019. Observatorio de Commodities – Maíz Amarillo Duro. Dirección General de Políticas Agrarias. Dirección de Estudios Económicos. Boletín de Publicación Trimestral Abril-Junio 2019.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2019. Perspectivas de la Producción, Comercio y Precios de los Commodities. Dirección General de Políticas Agrarias. Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2018. Sistema de Precios y Abastecimiento (SISAP). Maíz Amarillo Duro. Precios Nacionales e Internacionales. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas (DGESEP). Dirección de Estadística Agraria. Diciembre 2018.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2012. Decreto Supremo N° 006-2012-AG, que aprueba el reglamento de la Ley N° 27262 , Ley General de Semillas.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2005. Decreto Supremo N° 024-2005-AG, que aprueba el Reglamento Técnico de Certificación de Semillas.
- 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. Lima.
- PRIICA (Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola). 2017. Sistematización de metodologías para evaluar efectos ambientales de tecnologías agrícolas con enfoques en sistemas de producción de agricultura familiar. p 38.
- Rivas, L; García, J; Seré, C; Jarvis, L; Sanint, L. 1992. Modelo de Análisis de excedentes económicos. (MODEXC). Documento de Trabajo N° 107. Centro Internacional de Agricultura Tropical.

- Sierra, M; Rodríguez, F; Palafox, A; Espinosa, A; Andrés, P; Gomez, N; Valdivia, R. 2016. Productividad de semilla y adopción del híbrido de maíz H-520, en el trópico de México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*. Vol 13:19-32.
- SIEA (Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias). 2017. Serie de Estadísticas de Producción Agrícola (SEPA). Ministerio de Agricultura y Riego. Estadística consultada en [http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/?mod=consulta\\_cult](http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/?mod=consulta_cult)
- Schiek, B; Hareau, G; Baguma, Y; Medakker, A; Douches, D; Shotkoski, F; y Ghislain, M. 2016. Demystification of GM crop costs: Releasing late blight resistant potato varieties as public goods in developing countries. January 2016. *International Journal of Biotechnology* 14(2):112
- Schroeder, C; Onyango K'oloo, T; Nar Bahadur, R; Jick NA; Parzies, HK. 2013. Potentials of hybrid maize varieties for small-holder farmers in Kenya: A review based on swot analysis. *African journal of food, agriculture, nutrition and development*. Vol 13 N° 2. April 2013.
- Sofijanova, E; Kletnikoski, V; Dimovska, V; Dimitrovski, Z. 2012. Comparative economic analysis of wheat production using certified and uncertified seed: The case of ovcepole region in Republic of Macedonia. University Goce Delcev, Faculty of agriculture. *Scientific Works of UFT Volume LIX -2012. Food Science, Engineering and Technologies*.
- Tanrivermiş, H; Akdoğan, I. 2007. The use of certified seeds of improved wheat varieties in farms and the contributions of certified seed usage to enterprise economies: the case of Ankara province in Turkey. Department of Agricultural Economics. Agricultural Faculty. Ankara University. Ankara Turkey. Pakistan Journal of Biological Sciences* 10(24): 4339-4353, 2007
- Tadeo, M; Zaragoza, J; Espinosa, A; Turrent, A; Zamudio, B; Virgen, J; Mora, Y; Valdivia, R. 2016. Productividad de la generación F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> de híbridos de maíz (*Zea mays L.*) de Valles Altos de México. *Agrociencia* 50. pp. 33-41. 2016. México.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2018. Economic Research Service. *Risk in Agriculture*
- Vielma, M; Cerovich, M; Miranda, F; Marín, C. 2005. Influencia de la semilla certificada de maíz en la productividad de los sistemas de producción de maíz en

grano de los Estados Portuguesa y Guárico. *Agronomía Tropical*. Vol. 55 (3): 343-361.2005.

## VIII. ANEXOS

**Anexo 1:** Relación de encuestados

| <b>Nº Encuestado</b> | <b>Edad</b> | <b>Sexo</b> | <b>Distrito</b> | <b>Comisión de usuarios</b> | <b>Ha MAD</b> | <b>Tenencia</b> |
|----------------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------------|---------------|-----------------|
| 1                    | 75          | M           | Cura Mori       | Puyuntala                   | 2             | Propia          |
| 2                    | 67          | M           | Cura Mori       | Puyuntala                   | 6             | Alquilada       |
| 3                    | 68          | M           | Bernal          | Puyuntala                   | 5             | Propia          |
| 4                    | 40          | M           | Bernal          | Puyuntala                   | 5             | Otro            |
| 5                    | 77          | M           | Cura Mori       | Puyuntala                   | 2             | Otro            |
| 6                    | 62          | M           | Cura Mori       | Puyuntala                   | 0.5           | Otro            |
| 7                    | 67          | M           | Cura Mori       | Puyuntala                   | 1.5           | Propia          |
| 8                    | 59          | M           | Cura Mori       | Puyuntala                   | 1.5           | Otro            |
| 9                    | 45          | M           | Cura Mori       | Puyuntala                   | 1.5           | Otro            |
| 10                   | 63          | M           | Cura Mori       | Puyuntala                   | 0.5           | Propia          |
| 11                   | 67          | M           | La Arena        | Casaraná                    | 2             | Propia          |
| 12                   | 54          | M           | La Unión        | Casaraná                    | 1.5           | Propia          |
| 13                   | 72          | M           | La Arena        | Casaraná                    | 2             | Propia          |
| 14                   | 54          | M           | La Arena        | Casaraná                    | 25            | Propia          |
| 15                   | 50          | M           | La Arena        | Casaraná                    | 15            | Propia          |
| 16                   | 61          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 4             | Propia          |
| 17                   | 46          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 2             | Propia          |
| 18                   | 57          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 2             | Propia          |
| 19                   | 60          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 5             | Alquilada       |
| 20                   | 58          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 2             | Alquilada       |
| 21                   | 46          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 5             | Alquilada       |
| 22                   | 62          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 2             | Propia          |
| 23                   | 72          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 2             | Otro            |
| 24                   | 63          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 2             | Propia          |
| 25                   | 64          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 1.5           | Alquilada       |
| 26                   | 53          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 1.5           | Propia          |
| 27                   | 59          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 3             | Propia          |
| 28                   | 65          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 2             | Propia          |
| 29                   | 70          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 2.5           | Propia          |
| 30                   | 60          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 1.5           | Propia          |
| 31                   | 65          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 2             | Otro            |
| 32                   | 60          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 4.5           | Propia          |
| 33                   | 60          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 2             | Propia          |
| 34                   | 58          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 1.5           | Propia          |
| 35                   | 65          | M           | El Tallán       | Seminario                   | 1.5           | Propia          |

|    |    |   |           |           |     |           |
|----|----|---|-----------|-----------|-----|-----------|
| 36 | 67 | M | El Tallán | Seminario | 3   | Propia    |
| 37 | 49 | M | El Tallán | Seminario | 2   | Alquilada |
| 38 | 62 | M | El Tallán | Seminario | 4   | Propia    |
| 39 | 58 | M | El Tallán | Seminario | 1.5 | Propia    |
| 40 | 58 | M | El Tallán | Seminario | 2   | Propia    |
| 41 | 65 | M | El Tallán | Seminario | 3   | Alquilada |
| 42 | 48 | M | El Tallán | Seminario | 3   | Otro      |
| 43 | 52 | M | El Tallán | Seminario | 1   | Alquilada |
| 44 | 63 | M | El Tallán | Seminario | 2.5 | Alquilada |
| 45 | 69 | M | El Tallán | Seminario | 3   | Alquilada |
| 46 | 72 | M | El Tallán | Seminario | 3   | Propia    |
| 47 | 56 | M | El Tallán | Seminario | 2   | Alquilada |
| 48 | 65 | M | El Tallán | Seminario | 5   | Propia    |
| 49 | 59 | M | El Tallán | Seminario | 1   | Alquilada |
| 50 | 63 | M | El Tallán | Seminario | 1.5 | Propia    |
| 51 | 49 | M | El Tallán | Seminario | 2.5 | Alquilada |
| 52 | 60 | M | El Tallán | Seminario | 1.5 | Alquilada |
| 53 | 65 | M | El Tallán | Seminario | 3   | Propia    |
| 54 | 59 | M | El Tallán | Seminario | 3   | Alquilada |
| 55 | 80 | M | El Tallán | Seminario | 2.5 | Propia    |
| 56 | 68 | M | El Tallán | Seminario | 1   | Propia    |
| 57 | 60 | M | El Tallán | Seminario | 3   | Propia    |
| 58 | 71 | M | El Tallán | Seminario | 3   | Alquilada |
| 59 | 49 | M | El Tallán | Seminario | 3.5 | Otro      |
| 60 | 58 | M | El Tallán | Seminario | 2.5 | Alquilada |
| 61 | 45 | M | El Tallán | Seminario | 1.5 | Propia    |
| 62 | 75 | M | El Tallán | Seminario | 3   | Alquilada |
| 63 | 62 | M | El Tallán | Seminario | 4   | Propia    |
| 64 | 54 | M | El Tallán | Seminario | 3   | Propia    |
| 65 | 46 | M | El Tallán | Seminario | 2   | Propia    |
| 66 | 65 | M | El Tallán | Seminario | 2   | Otro      |
| 67 | 55 | M | La Unión  | Casaraná  | 2.5 | Propia    |
| 68 | 59 | M | Catacaos  | Sinchao   | 1.5 | Otro      |
| 69 | 64 | M | Catacaos  | Sinchao   | 1   | Propia    |
| 70 | 71 | M | Catacaos  | Sinchao   | 8   | Propia    |

**Anexo 2:** Insecticidas empleados en el control fitosanitario en el cultivo de Maíz Amarillo Duro

Ingrediente activo: *Chlorpyrifos*

| Nombre comercial | Concentración (porcentaje) | Cantidad/ha | EIQ (Valor)* | Número de aplicaciones | Frecuencia de aplicación (#días) |
|------------------|----------------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------------------|
| Agromil          | 48                         | 1L          | 26.9         | 4                      | 20                               |
|                  |                            | 1L          | 26.9         | 5                      | 8                                |
|                  |                            | 0.3 L       | 26.9         | 4                      | 8                                |
|                  |                            | 0.5L        | 26.9         | 2                      | 15                               |
|                  |                            | 0.4 L       | 26.9         | 4                      | 10                               |
|                  |                            | 0.5L        | 26.9         | 1                      | 30                               |
|                  |                            | 0.5L        | 26.9         | 4                      | 6                                |
|                  |                            | 0.5L        | 26.9         | 3                      | 10                               |
|                  |                            | 1L          | 26.9         | 5                      | 7                                |
|                  |                            | 0.5L        | 26.9         | 4                      | 10                               |
| Tifón            | 48                         | 0.5L        | 26.9         | 5                      | 12                               |
|                  |                            | 0.5 L       | 26.9         | 3                      | 7                                |
|                  |                            | 0.4 L       | 26.9         | 3                      | 8                                |
|                  |                            | 1L          | 26.9         | 4                      | 5                                |
|                  |                            | 0.4 L       | 26.9         | 3                      | 8                                |
|                  |                            | 0.5 L       | 26.9         | 3                      | 15                               |
|                  |                            | 0.5 L       | 26.9         | 3                      | 12                               |
|                  |                            | 0.8 L       | 26.9         | 4                      | 10                               |
|                  |                            | 1 L         | 26.9         | 6                      | 8                                |
|                  |                            | 0.5 L       | 26.9         | 1                      | 8                                |
| Dorsan           | 48                         | 0.5 L       | 26.9         | 7                      | 8                                |
|                  |                            | 0.5 L       | 26.9         | 3                      | 8                                |
|                  |                            | 400 ml      | 26.9         | 3                      | 8                                |
| Bronco           | 37.5                       | 400 ml      | 26.9         | 5                      | 7                                |
|                  |                            | 300 ml      | 26.9         | 4                      | 8                                |
| Clorfos          | 48                         | 0.5 L       | 26.9         | 2                      | 30                               |
|                  |                            | 0.5 L       | 26.9         | 4                      | 9                                |
| Pyrinex          | 48                         | 0.8 L       | 26.9         | 7                      | 8                                |
|                  |                            | 0.5 L       | 26.9         | 6                      | 10                               |
| Bala 55          | 50                         | 1 L         | 26.9         | 3                      | 10                               |
|                  |                            | 0.5 L       | 26.9         | 5                      | 22                               |

Ingrediente activo: Pirimicarb

| Nombre comercial | Concentración (porcentaje) | Cantidad/ha | EIQ (Valor)* | Número de aplicaciones | Frecuencia de aplicación (#días) |
|------------------|----------------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------------------|
| Pirimor          | 50                         | 300 g       | 16           | 5                      | 8                                |
|                  |                            | 250 g       | 16           | 2                      | 7                                |

Ingrediente activo: Thiodicarb

| Nombre comercial | Concentración (porcentaje) | Cantidad/ha | EIQ (Valor)* | Número de aplicaciones | Frecuencia de aplicación (#días) |
|------------------|----------------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------------------|
| Larvin           | 37.5                       | 400 ml      | 23.3         | 2                      | 22                               |
|                  |                            | 1 L         | 23.3         | 3                      | 20                               |
|                  |                            | 200 ml      | 23.3         | 4                      | 15                               |
|                  |                            | 0.5 L       | 23.3         | 3                      | 7                                |
|                  |                            | 0.5 L       | 23.3         | 3                      | 15                               |
|                  |                            | 300 ml      | 23.3         | 2                      | 15                               |
|                  |                            | 400 ml      | 23.3         | 3                      | 12                               |
|                  |                            | 400 ml      | 23.3         | 2                      | 20                               |
|                  |                            | 300 ml      | 23.3         | 3                      | 12                               |
|                  |                            | 400 ml      | 23.3         | 2                      | 10                               |
|                  |                            | 400 ml      | 23.3         | 3                      | 10                               |
|                  |                            | 350 ml      | 23.3         | 3                      | 15                               |
|                  |                            | 400 ml      | 23.3         | 6                      | 10                               |
|                  |                            | 400 ml      | 23.3         | 4                      | 10                               |

Ingrediente activo: Alfacipermetrina

| Nombre comercial | Concentración (porcentaje) | Cantidad/ha | EIQ (Valor)* | Número de aplicaciones | Frecuencia de aplicación (#días) |
|------------------|----------------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------------------|
| Cipermex         | 10                         | 1           | 36.4         | 5                      | 8                                |
|                  |                            | 0.5 L       | 36.4         | 3                      | 15                               |
|                  |                            | 0.5 L       | 36.4         | 4                      | 12                               |
|                  |                            | 0.5 L       | 36.4         | 3                      | 15                               |
|                  |                            | 0.5 L       | 36.4         | 4                      | 10                               |
|                  |                            | 0.5 L       | 36.4         | 3                      | 8                                |
|                  |                            | 0.5 L       | 36.4         | 4                      | 10                               |
| Bronco           | 2.5                        | 0.3 L       | 36.4         | 6                      | 7                                |
|                  |                            | 0.5 L       | 36.4         | 2                      | 30                               |
|                  |                            | 0.5 L       | 36.4         | 4                      | 9                                |

Ingrediente activo: Benomilo

| Nombre comercial | Concentración (porcentaje) | Cantidad/ha | EIQ (Valor)* | Número de aplicaciones | Frecuencia de aplicación (#días) |
|------------------|----------------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------------------|
| Benomyl          | 50                         | 500 g       | 30.2         | 1                      | 8                                |
|                  |                            | 500 g       | 30.2         | 2                      | 8                                |

**Ingrediente activo: Emamectin benzoato**

| Nombre comercial | Concentración (porcentaje) | Cantidad/ha | EIQ (Valor)* | Número de aplicaciones | Frecuencia de aplicación (#días) |
|------------------|----------------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------------------|
| Tiezo            | 5                          | 1 L         | 26.3         | 4                      | 12                               |
|                  |                            | 1 L         | 26.3         | 4                      | 20                               |
|                  |                            | 0.5 L       | 26.3         | 3                      | 15                               |
| Agryben          | 5                          | 1 kg        | 26.3         | 3                      | 4                                |
|                  |                            | 100 gr      | 26.3         | 2                      | 15                               |
| Coloso           | 5                          | 1 kg        | 26.3         | 4                      | 10                               |
| Thiostar         | 5                          | 300 gr      | 26.3         | 5                      | 8                                |

**Ingrediente activo: Atrazina**

| Nombre comercial | Concentración (porcentaje) | Cantidad/ha | EIQ (Valor)* | Número de aplicaciones | Frecuencia de aplicación (#días) |
|------------------|----------------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------------------|
| Santrazina       | 50                         | 1.5 L       | 22.9         | 1                      | 0                                |
|                  |                            | 2 L         | 22.9         | 1                      | 0                                |
|                  |                            | 2 L         | 22.9         | 1                      | 0                                |

**Ingrediente activo: Clorantraniliprol**

| Nombre comercial | Concentración (porcentaje) | Cantidad/ha | EIQ (Valor)* | Número de aplicaciones | Frecuencia de aplicación (#días) |
|------------------|----------------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------------------|
| Altacor          | 35                         | 50 g        | 18.3         | 4                      | 15                               |
|                  |                            | 200 g       | 18.3         | 3                      | 12                               |
|                  |                            | 100 gr      | 18.3         | 2                      | 15                               |

**Ingrediente activo: Acefato**

| Nombre comercial | Concentración (porcentaje) | Cantidad/ha | EIQ (Valor)* | Número de aplicaciones | Frecuencia de aplicación (#días) |
|------------------|----------------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------------------|
| Orthene          | 75                         | 500 g       | 24.9         | 6                      | 8                                |
|                  |                            | 500 g       | 24.9         | 1                      | 0                                |

**Ingrediente activo: Carboxin**

| Nombre comercial | Concentración (porcentaje) | Cantidad/ha | EIQ (Valor)* | Número de aplicaciones | Frecuencia de aplicación (#días) |
|------------------|----------------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------------------|
| Vitavax          | 20                         | 100 g       | 18.7         | 3                      | 7                                |
|                  |                            | 250 g       | 18.7         | 1                      | 0                                |

**Ingrediente activo: Captan**

| Nombre comercial | Concentración (porcentaje) | Cantidad/ha | EIQ (Valor)* | Número de aplicaciones | Frecuencia de aplicación (#días) |
|------------------|----------------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------------------|
| Captan           | 20                         | 100 g       | 15.8         | 3                      | 7                                |
|                  |                            | 250 g       | 15.8         | 1                      | 0                                |

**Ingrediente activo: Abamectina**

| Nombre comercial | Concentración (porcentaje) | Cantidad/ha | EIQ (Valor)* | Número de aplicaciones | Frecuencia de aplicación (#días) |
|------------------|----------------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------------------|
| Agrimec          | 1.8                        | 0.5 L       | 34.7         | 6                      | 10                               |

**Ingrediente activo: Indoxacarb**

| Nombre comercial | Concentración (porcentaje) | Cantidad/ha | EIQ (Valor)* | Número de aplicaciones | Frecuencia de aplicación (#días) |
|------------------|----------------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------------------|
| Poker            | 15                         | 100 ml      | 31.2         | 2                      | 15                               |

**Ingrediente activo: Methomyl**

| Nombre comercial | Concentración (porcentaje) | Cantidad/ha | EIQ (Valor)* | Número de aplicaciones | Frecuencia de aplicación (#días) |
|------------------|----------------------------|-------------|--------------|------------------------|----------------------------------|
| Urkan            | 23                         | 0.5 L       | 22           | 4                      | 15                               |
|                  |                            | 1L          | 22           | 3                      | 8                                |
|                  |                            | 1L          | 22           | 3                      | 15                               |
|                  |                            | 1L          | 22           | 4                      | 10                               |
|                  |                            | 1L          | 22           | 4                      | 12                               |
| Lannate          | 90                         | 500 g       | 22           | 3                      | 20                               |
|                  |                            | 300 g       | 22           | 2                      | 15                               |
|                  |                            | 200 g       | 22           | 2                      | 15                               |
|                  |                            | 300 g       | 22           | 3                      | 10                               |
| Methomex         | 90                         | 1 kg        | 22           | 4                      | 12                               |
|                  |                            | 500 g       | 22           | 3                      | 15                               |
|                  |                            | 1 kg        | 22           | 4                      | 12                               |
|                  |                            | 1 kg        | 22           | 6                      | 11                               |

Fuente: Encuestas de Maíz Amarillo Duro en el Valle del Bajo Piura  
Elaboración Propia

**Anexo 3: Representantes de las comisiones de usuarios entrevistados**

| N° | APELLIDOS Y NOMBRES             | Comisión de Usuarios | CARGO                 |
|----|---------------------------------|----------------------|-----------------------|
| 1  | María Ermis Aquino Sandoval     | La Bruja             | Encargada de Cobranza |
| 2  | Abraham Zapata                  | Puyuntala            | Técnico Programador   |
| 3  | Raúl Cruz                       | Palo Parado          | Técnico Programador   |
| 4  | Eugenio Silva                   | Cumbibira            | Técnico Programador   |
| 5  | Soraida Nizama                  | Shaz                 | Técnico Programador   |
| 6  | Odaliz Noemi Valdiviezo Simbala | Casaraná             | Encargada de Cobranza |
| 7  | Mayte Albán Marquez             | Sinchao Parte Alta   | Técnico Programador   |
| 8  | José Daniel Gómez Saba          | Chato                | Técnico Programador   |
| 9  | Isolina Huaco Coronado          | Seminario            | Encargada de Cobranza |

**Anexo 4: Costos de producción por hectárea de maíz amarillo duro (semilla certificada Pioneer)**

| Actividad  | Unidad        | Cantidad | Precio s/ | Costo total s/ |          |
|--|---------------|----------|-----------|----------------|----------|
| <b>I. Costos directos</b>  |               |          |           | <b>6,532</b>   |          |
| <b>A. Mano de obra</b>   |               |          |           | 2,480          | jornales |
| <b>1. Preparación de terreno</b>                                   |               |          |           | <b>280</b>     | 7        |
| Limpieza de campo  | Jornal        | 1        | 40        | 40             |          |
| limpieza de canales  | Jornal        | 2        | 40        | 80             |          |
| Chaleo y quema   | Jornal        | 1        | 40        | 40             |          |
| Bordeadura   | Jornal        | 2        | 40        | 80             |          |
| Riego de machaco   | Jornal        | 1        | 40        | 40             |          |
| <b>2. Siembra</b>  |               |          |           | <b>280</b>     | 7        |
| Desinfección y siembra   | Jornal        | 6        | 40        | 240            |          |
| Control de siembra y resiembra                                     | Jornal        | 1        | 40        | 40             |          |
| <b>3. Labores culturales</b>                                       |               |          |           | <b>640</b>     |          |
| Primer abonamiento   | Jornal        | 4        | 40        | 160            | 16       |
| Segundo abonamiento  | Jornal        | 4        | 40        | 160            |          |
| Deshierbos   | Jornal        | 2        | 40        | 80             |          |
| Riegos   | Jornal        | 2        | 40        | 80             |          |
| Control fitosanitario  | Jornal        | 4        | 40        | 160            |          |
| <b>4. Cosecha</b>  |               |          |           | <b>1,280</b>   |          |
| Tumba  | Jornal        | 4        | 40        | 160            | 32       |
| Despanque  | Jornal        | 15       | 40        | 600            |          |
| Llenado y carguío en mazorca                                       | Jornal        | 5        | 40        | 200            |          |
| Desgrane   | Jornal        | 5        | 40        | 200            |          |
| Cosido y estiba  | Jornal        | 2        | 40        | 80             |          |
| Guardianía   | Jornal        | 1        | 40        | 40             |          |
| <b>B. Maquinaria agrícola y equipos (Tracción mecánica/animal)</b> |               |          |           | <b>690</b>     |          |
| Gradeo en seco   | Horas/máquina | 1        | 120       | 120            |          |
| Gradeo en húmedo   | Horas/máquina | 1        | 120       | 120            |          |
| Surcado  | Gañan         | 1        | 70        | 70             |          |
| Cultivo aporque  | Gañan         | 2        | 70        | 140            |          |
| Desgranadora   | Saco          | 200      | 1.20      | 240            |          |
| <b>C. Insumos agrícolas</b>  |               |          |           | <b>2,960</b>   |          |
| <b>1. Semilla</b>  |               |          |           | <b>625</b>     |          |
| Semilla  | Kg            | 25       | 25        | 625            |          |
| <b>2. Fertilizantes</b>  |               |          |           | <b>1,650</b>   |          |
| Urea   | Bolsas        | 7        | 120       | 840            |          |
| Fosfato diamónico  | Bolsas        | 4        | 130       | 520            |          |
| Sulfato potasio  | Bolsas        | 2        | 130       | 260            |          |
| Abono foliar Zinc-Boro   | Lt            | 1        | 30        | 30             |          |
| <b>3. Pesticidas</b>   |               |          |           | <b>460</b>     |          |
| Larvin (thiodicarb)  | Lt            | 1        | 150       | 150            |          |

|  |          |       |                 |              |
|--|----------|-------|-----------------|--------------|
| Adherente                                    | Lt       | 1     | 50              | 50           |
| Insecticida cogollo (Chlorpyrifos)           | Lt       | 1     | 140             | 140          |
| Otros insecticidas complementarios           |          |       |                 | 120          |
| <b>4. Otros</b>                              |          |       |                 | 225          |
| Agua   | m3       | 7500  | 0               | 225          |
| <b>D. Transporte y materiales</b>            |          |       |                 | <b>402</b>   |
| Envases para cosecha                         | Sacos    | 200   | 1               | 200          |
| Rafia  | Unidad   | 1     | 2               | 2            |
| Transporte de cosecha                        |          | 1     | 200             | 200          |
| <b>ii. Costos indirectos</b>                 |          |       |                 | <b>523</b>   |
| Gastos administrativos                       | %        | 2     |                 | 131          |
| Gastos financieros                           | %        | 2     |                 | 131          |
| Asistencia técnica                           | %        | 4     |                 | 261          |
| <b>Total costo de producción</b>             |          |       |                 | <b>7,055</b> |
| <b>Análisis de rentabilidad por hectárea</b> |          |       |                 |              |
| <b>Rendimiento esperado</b>                  | Kg       | 10000 | <b>EGRESOS</b>  | S/ 7,055     |
| <b>Precio unitario</b>                       | S/ / Kg. | 1.3   | <b>UTILIDAD</b> | S/ 5,945     |
| <b>Ingreso total</b>                         | S/       | 13000 | <b>B/C</b>      | 1.84         |

Fuente: Dirección Regional de Agricultura - Piura

**Anexo 5: Costos de producción por hectárea de maíz amarillo duro (semilla certificada Dekalb)**

| ACTIVIDAD  | UNIDAD        | CANTIDAD | PRECIO VALOR UNITARIO S/ | COSTO TOTAL S/ |          |
|--|---------------|----------|--------------------------|----------------|----------|
| <b>I. Costos directos</b>  |               |          |                          | <b>7,325</b>   |          |
| <b>A. Mano de obra</b>   |               |          |                          | 2,600          | Jornales |
| <b>1. Preparación de terreno</b>                                   |               |          |                          | <b>280</b>     | 7        |
| Limpieza de campo  | Jornal        | 1        | 40                       | 40             |          |
| Limpieza de canales  | Jornal        | 2        | 40                       | 80             |          |
| Chaleo y quema   | Jornal        | 1        | 40                       | 40             |          |
| Bordeadura   | Jornal        | 2        | 40                       | 80             |          |
| Riego de machaco   | Jornal        | 1        | 40                       | 40             |          |
| <b>2. Siembra</b>  |               |          |                          | <b>280</b>     | 7        |
| Desinfección y siembra   | Jornal        | 6        | 40                       | 240            |          |
| Control de siembra y resiembra                                     | Jornal        | 1        | 40                       | 40             |          |
| <b>3. Labores culturales</b>                                       |               |          |                          | <b>640</b>     |          |
| Primer abonamiento   | Jornal        | 4        | 40                       | 160            | 16       |
| Segundo abonamiento  | Jornal        | 4        | 40                       | 160            |          |
| Deshierbos   | Jornal        | 2        | 40                       | 80             |          |
| Riegos   | Jornal        | 2        | 40                       | 80             |          |
| Control fitosanitario  | Jornal        | 4        | 40                       | 160            |          |
| <b>4. Cosecha</b>  |               |          |                          | <b>1,400</b>   |          |
| Tumba  | Jornal        | 4        | 40                       | 160            | 35       |
| Despanque  | Jornal        | 20       | 40                       | 800            |          |
| Llenado y carguío en mazorca                                       | Jornal        | 4        | 40                       | 160            |          |
| Desgrane   | Jornal        | 4        | 40                       | 160            |          |
| Cosido y estiba  | Jornal        | 2        | 40                       | 80             |          |
| Guardianía   | Jornal        | 1        | 40                       | 40             |          |
| <b>B. Maquinaria agrícola y equipos (tracción mecánica/animal)</b> |               |          |                          | <b>690</b>     |          |
| Gradeo en seco   | Horas/máquina | 1        | 120                      | 120            |          |
| Gradeo en húmedo   | Horas/máquina | 1        | 120                      | 120            |          |
| Surcado  | Gañan         | 1        | 70                       | 70             |          |
| Cultivo aporque  | Gañan         | 2        | 70                       | 140            |          |
| Desgranadora   | Saco          | 200      | 1.20                     | 240            |          |
| <b>C. Insumos agrícolas</b>  |               |          |                          | <b>3,633</b>   |          |
| <b>1. Semilla</b>  |               |          |                          | <b>700</b>     |          |
| Semilla  | Kg            | 25       | 28                       | 700            |          |
| <b>2. Fertilizantes</b>  |               |          |                          | <b>2,110</b>   |          |
| Urea   | Bolsas        | 7        | 120                      | 840            |          |
| Fosfato diamónico  | Bolsas        | 4        | 130                      | 520            |          |
| Sulfato potasio  | Bolsas        | 2        | 130                      | 260            |          |
| Sulpomag   | Bolsas        | 2        | 80                       | 160            |          |
| Sulfato de amonio  | Bolsas        | 4        | 75                       | 300            |          |

|  |         |       |                 |     |              |
|--|---------|-------|-----------------|-----|--------------|
| Abono foliar zinc-boro                       | Lt      | 1     | 30              | 30  |              |
| <b>3. Pesticidas</b>                         |         |       |                 |     | <b>598</b>   |
| Radian                                       | Kg      |       | 40              | 40  |              |
| Baytroide                                    | Lt.     | 1     | 98              | 98  |              |
| Larvin (thiodicarb)                          | Lt      | 1     | 150             | 150 |              |
| Adherente                                    | Lt      | 1     | 50              | 50  |              |
| Insecticida cogollero (chlorpyrifos)         | Lt      | 1     | 140             | 140 |              |
| Otros insecticidas complementarios           |         |       |                 |     | 120          |
| <b>4. Otros</b>                              |         |       |                 |     | 225          |
| Agua   | M3      | 7500  | 0               | 225 |              |
| <b>D. Transporte y materiales</b>            |         |       |                 |     | <b>402</b>   |
| Envases para cosecha                         | Sacos   | 200   | 1               | 200 |              |
| Rafia  | Unidad  | 1     | 2               | 2   |              |
| Transporte de cosecha                        |         | 1     | 200             | 200 |              |
| <b>Ii. Costos indirectos</b>                 |         |       |                 |     | <b>586</b>   |
| Gastos administrativos                       | %       | 2     |                 | 147 |              |
| Gastos financieros                           | %       | 2     |                 | 147 |              |
| Asistencia técnica                           | %       | 4     |                 | 293 |              |
| <b>Total costo de producción</b>             |         |       |                 |     | <b>7,911</b> |
| <b>Análisis de rentabilidad por hectárea</b> |         |       |                 |     |              |
| <b>Rendimiento esperado</b>                  | Kg      | 11000 | <b>Egresos</b>  | S/  | 7,911        |
| <b>Precio unitario</b>                       | S// kg. | 1.3   | <b>Utilidad</b> | S/  | 6,389        |
| <b>Ingreso total</b>                         | S/      | 14300 | <b>B/C</b>      |     | 1.81         |

Fuente: Dirección Regional de Agricultura - Piura

**Anexo 6:** Costos de producción por hectárea de maíz amarillo duro (Semilla certificada Marginal 28T)

| Actividad   | Unidad Medida | Precio Unitario (S/) | Cantidad (01 ha) | Costo Total (S/) |
|---|---------------|----------------------|------------------|------------------|
| <b>I. Costos Directos</b>   |               |                      |                  | <b>5,227.00</b>  |
| <b>1.Preparación de Terreno</b>                                   |               |                      |                  | <b>530.00</b>    |
| Alineado y estaquedado  | Jornales      | 40                   | 2                | 80.00            |
| Rastreado (2) + Surcado (1)                                       | Hora/Maq      | 150                  | 3                | 450.00           |
| <b>2.Labores culturales</b>                                       |               |                      |                  | <b>720.00</b>    |
| Siembra   | Jornales      | 40                   | 6                | 240.00           |
| Aplicación fertilizante (02 aplicaciones)                         | Jornales      | 40                   | 3                | 120.00           |
| Aplicación insecticida (02 aplicaciones)                          | Jornales      | 40                   | 3                | 120.00           |
| Riegos (04)   | Jornales      | 40                   | 4                | 160.00           |
| Deshierbos  | Jornales      | 40                   | 2                | 80.00            |
| <b>3.Insumos</b>  |               |                      |                  | <b>3,387.00</b>  |
| Semilla   | Bolsa (25kg)  | 200                  | 1                | 200.00           |
| Herbicida Selectivo (Nicosulfuron)                                | Litro         | 80                   | 2                | 160.00           |
| Herbicida Glifosato   | Litro         | 30                   | 1                | 30.00            |
| Insecticida (Chlorantraniliprole) 200 ml                          | Frasco        | 300                  | 0.05             | 15.00            |
| Insecticida ( <i>Thidicarb+imadacloprid</i> )                     | Frasco        | 60                   | 1                | 60.00            |
| Adherente   | Litro         | 30                   | 1                | 30.00            |
| Urea  | Bolsa         | 260                  | 6                | 1,560.00         |
| Fosfato Di Amonio   | Bolsa         | 180                  | 4                | 720.00           |
| Cloruro de Potasio  | Bolsa         | 150                  | 2                | 300.00           |
| Sacos de Polipropileno  | Unidad        | 150                  | 2                | 300.00           |
| Rafia   | Ovillo        | 12                   | 1                | 12.00            |
| <b>4.Cosecha y Transporte</b>                                     |               |                      |                  | <b>590.00</b>    |
| Cosecha Manual  | Jornales      | 40                   | 7                | 280.00           |
| Transporte  | Ton           | 20                   | 5.0              | 100.00           |
| Desgrane  | Ton           | 30                   | 5.0              | 150.00           |
| Secado  | Jornales      | 30                   | 2.0              | 60.00            |
| <b>II. Costos Indirectos</b>                                      |               |                      |                  | <b>522.70</b>    |
| <b>1.Gastos Administrativos (Siembra a Cosecha) 10 por ciento</b> |               |                      |                  | <b>522.70</b>    |
| <b>Costo total de producción</b>                                  |               |                      |                  | <b>5,749.70</b>  |

| Análisis económico                   | Marginal 28T   |
|--------------------------------------|----------------|
| <b>Producción</b>                    |                |
| producción estimada (kg/ha)          | 6200.00        |
| <b>Precio de venta</b>               |                |
| precio de venta por kg de grano (S/) | 1.20           |
| <b>Ingresos</b>                      |                |
| ingreso por venta de producción (S/) | <b>7440.00</b> |
| <b>Costos</b>                        |                |

|  |                |
|--|----------------|
| <b>Total de costo de producción (S/)</b> | <b>5749.70</b> |
| <b>Beneficios</b>                        |                |
| <b>Costo unitario por kg (S/)</b>        | <b>0.93</b>    |
| <b>Utilidad bruta total (S/)</b>         | <b>1690.30</b> |
| <b>Utilidad bruta / kg (S/)</b>          | <b>0.27</b>    |
| <b>Rentabilidad</b>                      | <b>29.40</b>   |
| <b>B/C</b>                               | <b>1.29</b>    |

Fuente: Estación Experimental Agraria El Porvenir – INIA

**Anexo 7:** Fotos de aplicación de encuestas y entrevistas a casas comerciales de semillas



**Plantas de MAD afectadas por gusano de tierra en La Unión – Bajo Piura**



**Entrevista a representante de Casa comercial de insumos agrícolas Procampo –  
Sede La Unión**

