

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ECONOMÍA AGRÍCOLA**



**METODOLOGÍAS DE VALORACIÓN EX – ANTE DEL  
IMPACTO DE LA BIOTECNOLOGÍA EN EL SECTOR  
AGRARIO PERUANO**

**Presentada por:**

**SANTOS DE LOS REYES MAZA Y SILUPÚ**

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

**Lima - Perú**

**2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ECONOMÍA AGRÍCOLA**

**METODOLOGÍAS DE VALORACIÓN EX – ANTE DEL  
IMPACTO DE LA BIOTECNOLOGÍA EN EL SECTOR  
AGRARIO PERUANO**

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

**Presentada por:**

**SANTOS DE LOS REYES MAZA Y SILUPÚ**

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

Mg.Sc. Maria de Lourdes Tapia y Figueroa  
**PRESIDENTE**

Mg.Sc. Ramón Diez Matallana  
**ASESOR**

Mg.Sc. Agapito Linares Salas  
**MIEMBRO**

Mg.Sc. Raquel Gómez Ocorima  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres María y Guillermo porque ellos han dado razón a mi vida, sus consejos, su apoyo, todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

A mi querida esposa, hijas y mis queridos nietos quienes fueron mi fuerza para el logro de esta investigación.

A toda mi familia que es lo mejor y más valioso que Dios me ha dado.

A todo el personal de la Oficina de Estadística del Ministerio de Agricultura y Riego que con su esfuerzo y dedicación me apoyaron en la obtención de la data.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presente.

Al Ing. Ramón Diez Matallana, quien con su asesoramiento y amplio conocimiento del tema me orientó al logro de esta investigación.

A la Escuela de Posgrado en la especialidad de Economía Agrícola a través de su personal docente que nos supo impartir los conocimientos para el logro de la meta propuesta.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Walther Fegan Escobar mi consejero a lo largo de mi educación en pre grado en nuestra Alma Mater quien con sus sabios consejos me encaminó al logro de la culminación de mi carrera.

# ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	ANTECEDENTES.....	3
2.2.	IMPORTANCIA DE LA BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA.....	6
2.3.	MARCO TEÓRICO.....	8
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1.	ÁMBITO .....	13
3.2.	HIPÓTESIS. ....	13
3.3.	MÉTODOS Y MODELOS.....	14
3.3.1.	Método determinístico.....	14
3.3.2.	Método probabilístico.....	14
3.3.3.	Modelo de Simulación de Montecarlo .....	15
3.3.4.	Presupuesto parcial probabilístico y determinístico.....	16
	Elementos del Modelo de Presupuesto Parcial Probabilístico.....	17
3.3.5.	Índice de beneficio-costo marginal (Determinístico vs. Probabilístico).....	17
3.3.6.	Cambio de excedentes determinístico vs probabilístico (@risk).....	18
3.4.	SUPUESTOS ADICIONALES: .....	22
3.4.1.	Estadística descriptiva de los costos de producción de papa en el Perú.....	23
3.4.2.	Cambios de costos por cambios en el uso de insumos y cambios en rendimientos con la nueva tecnología.....	23
3.5.	ESCENARIOS DE PARTIDA Y LLEGADA CON LOS MÉTODOS DETERMINÍSTICO Y PROBABILÍSTICO. ....	24
3.5.1.	Escenarios con el método determinístico .....	24
3.5.2.	Escenarios con el método probabilístico .....	25
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	27
4.1.	EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE SEMILLAS CISGÉNICAS .....	27
4.1.1.	Evaluación a corto plazo.....	27

4.1.2. Comparación de resultados determinísticos y probabilísticos de corto plazo, empleando el beneficio-costo marginal.....	27
4.1.3. Evaluación de largo plazo con el método del cambio de excedentes de Alston <i>et al.</i> (1995) 30	
4.1.4. Obtención del Valor Actual Neto y Tasa Interna De Retorno considerando la inversión con la nueva tecnología. ....	40
4.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS METODOLOGÍAS EMPLEADAS .....	46
4.3. COMPARACIÓN DE ROBUSTEZ DE LAS METODOLOGÍAS EN EL ANÁLISIS DEL IMPACTO EN EL BIENESTAR DE LOS PRODUCTORES, CONSUMIDORES Y SOCIEDAD .....	47
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	51
V. CONCLUSIONES.....	52
VI. RECOMENDACIONES .....	53
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
VIII. ANEXOS .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución mensual de las cosechas de papa (%)	3
Figura 2. Economipedia (2020). Modelo de excedentes	11
Figura 3. Costos y beneficios en la producción de papa	16
Figura 4. Índice de beneficio costo marginal del cultivo de Papa	28
Figura 5. Incremento del Margen Bruto en soles del cultivo de Papa	28
Figura 6. Valor Actual Neto de la Papa Cisgénica (TSD 9%)	41
Figura 7. Valor Actual Neto de la Papa Cisgénica (TSD 20%)	41
Figura 8. Tasa Interna de Retorno de la Papa Cisgénica	42
Figura 9. Cambio del Excedente de Consumidor del cultivo de Papa Cisgénica	43
Figura 10. Cambio del Excedente de Productor del cultivo de Papa Cisgénica	43
Figura 11. Cambio del Excedente de Consumidor del cultivo de Papa Cisgénica	44

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Costos de producción S/ hectárea de papa (Junín, Lima, Cajamarca, Puno y Ayacucho)	4
Tabla 2. Costos de producción S/ hectárea de papa (Puno y Ayacucho)	5
Tabla 3. Costos de producción S/hectárea de papa (Huánuco y Huancavelica)	5
Tabla 4. Rendimientos y precios S/kilo papa (Todas las regiones)	6
Tabla 5. Salidas presentadas en la Simulación de Montecarlo	16
Tabla 6. Elementos del modelo de presupuesto	17
Tabla 7. Estadísticos de costos de producción de papa en el Perú	23
Tabla 8. Variación de variables fundamentales del cultivo de Papa	24
Tabla 9. Costos de producción promedio de papa en el Perú	24
Tabla 10. Costos de producción de Papa convencional y Papa Cisgénica	25
Tabla 11. Índices de beneficio–costo marginal	27
Tabla 12. Incremento de margen bruto con semilla cisgénica	28
Tabla 13. Índice de beneficio–costo marginal determinístico	29
Tabla 14. Incremento de margen con semilla cisgénica de Papa	29
Tabla 15. Elasticidades y cambios en costos por la nueva tecnología	31
Tabla 16. Cambio equivalente y cambio neto en costos, probabilidad de éxito, tasa de adopción y tasa de depreciación, $K_{max}$ y $Z$ por la nueva tecnología	32
Tabla 17. Precio, tasa externa de crecimiento, cantidad, cambio de excedentes de productor, consumidor y total	33
Tabla 18. Inversión en Investigación, Inversión en Transferencia y Beneficios Netos	34
Tabla 19. Elasticidades y cambios en costos con la nueva tecnología	36
Tabla 20. Cambio neto en costo de insumos, probabilidad de éxito, tasa de adopción, tasa de depreciación, $K_{max}$ y $Z$	37
Tabla 21. Precio, tasa externa de crecimiento, cantidad, cambio de excedente de productor, cambio de excedente de consumidor y cambio en excedente total	38
Tabla 22. Inversión en Investigación, Inversión en Transferencia de Tecnología y Beneficios Netos	39
Tabla 23. Cambio de excedentes probabilísticos con papa cisgénica	40
Tabla 24. Resultados del modelo de cambio de excedentes determinísticos con papa cisgénica	45
Tabla 25. Índices de beneficio–costo marginal	46
Tabla 26. Robustez de las metodologías – Incremento de margen de utilidad	46

Tabla 27. Incremento del margen bruto por hectárea	47
Tabla 28. Análisis de los resultados de la evaluación determinística y probabilística	48
Tabla 29. Análisis de los resultados de la evaluación determinística y probabilística de los excedentes	49
Tabla 30. Análisis de los resultados de la evaluación determinística y probabilística de los indicadores de rentabilidad	50

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Informe @Risk Salida: Incremento de margen bruto de utilidad	58
Anexo 2. Informe @Risk Salida: Coeficiente beneficio-costo marginal	59
Anexo 3. Informe @Risk Salida: Valor Actual Neto (con TSD al 8%)	60
Anexo 4. Informe @Risk Salida: Valor Actual Neto (con TSD al 20%)	61
Anexo 5. Informe @Risk Salida: Tasa Interna de Retorno	62
Anexo 6. Informe @Risk Salida: Cambio de Excedente del Consumidor	63
Anexo 7. Informe @Risk Salida: Cambio de Excedente del Productor	64
Anexo 8. Informe @Risk Salida: Cambio de Excedente Social	65
Anexo 9. Costo de producción de papa. Región: Junín. Tecnología: Media	66
Anexo 10. Costos de producción de papa. Regiones: Lima, Cajamarca, Huánuco, Puno, Ayacucho y Huancavelica	67
Anexo 11. Indicadores del cultivo de papa para el año 2018	68
Anexo 12. Papa, principales indicadores 1999-2018	68

## RESUMEN

Dada la importancia de las innovaciones tecnológicas en la agricultura peruana, se tiene el objetivo de evaluar la eficiencia analítica de las diversas metodologías aplicadas en investigaciones ex - ante y comparar los resultados de las metodologías determinísticas con las metodologías probabilísticas en el caso de la liberación de semillas de papa cisgénica en el sector agrícola peruano. Se aplica el método de presupuesto parcial de Horton (1982) y el método de excedentes de Alston, Norton y Pardey (1995) en entornos determinístico y probabilístico. Se encontró que al utilizar la metodología determinística se observan valores únicos de los indicadores, mientras que con la probabilística se obtiene una gama de valores que siguen una distribución de probabilidad, reflejando la variabilidad de las condiciones e incertidumbre presente en la producción. En el estudio, se halla una probabilidad de 99,3 por ciento de que se presenten casos favorables para los agentes beneficiarios de la tecnología, así como una probabilidad del 0,7 por ciento de que se presente un escenario perjudicial, lo que supone que no todos los escenarios en el cultivo serán beneficiosos. Como conclusión, se demuestra la mayor eficiencia de la metodología probabilística, al proveer resultados que reflejan de manera más amplia y con mayor confiabilidad, las posibles situaciones generadas por la liberación de una nueva tecnología.

**Palabras clave:** Evaluación de metodologías, determinística, probabilística, cisgénica, papa.

## **ABSTRACT**

Given the importance of technological innovations in Peruvian agriculture, the objective is to evaluate the analytical efficiency of the various methodologies applied in ex ante research and to compare the results of deterministic methodologies with probabilistic methodologies in the case of the release of cisgenic potato seeds in the Peruvian agricultural sector. The partial budget method of Horton (1982) and the surplus method of Alston, Norton and Pardey (1995) are applied in deterministic and probabilistic environments. It was found that when using the deterministic methodology unique values of the indicators are observed, while with the probabilistic a range of values is obtained that follow a probability distribution, reflecting the variability of the conditions and uncertainty present in the production. In the study, there is a 99.3 percent probability that favorable cases will appear for the beneficiary agents of the technology, as well as a 0.7 percent probability that a harmful scenario will appear, which means that not all scenarios in cultivation will be beneficial. In conclusion, the greater efficiency of the probabilistic methodology is demonstrated, by providing results that reflect more broadly and with greater reliability, the possible situations generated by the release of a new technology.

**Keywords:** Evaluation of methodologies, deterministic, probabilistic, cisgenic, potato.

## I. INTRODUCCIÓN

La economía peruana presenta un 20.5 por ciento de su población en el año 2018 (INEI 2019) en condiciones de pobreza, reduciéndose significativamente por los esfuerzos de sucesivos gobiernos nacionales, pero se conserva en niveles álgidos en el medio rural (42.1 por ciento de los pobladores rurales son pobres). La revolución tecnológica en los países desarrollados ha generado elevados niveles de productividad y la reducción sostenida de precios agrícolas a nivel mundial, lo cual se refleja en el mercado interno peruano con precios cada vez menores para nuestros productores. Esta tendencia favorable para los consumidores perjudica a nuestros agricultores que, a la par de contar con tecnologías deficientes que les impiden lograr mayores niveles de productividad y saltar al mercado externo para superar las estrecheces del mercado interno, enfrentan precios cada vez menores en el mercado interno lo cual los llevó a una creciente descapitalización y endeudamiento.

Esta tendencia se habría revertido en los últimos años, debido a un entorno cambiante. El crecimiento de los precios del petróleo ha vuelto rentable la producción de agrocombustibles a partir de cultivos alimenticios, como la caña de azúcar o el maíz amarillo duro y otros. El maíz amarillo duro importado se cotizaba en abril de 2020 en 190.95 US\$ la tonelada o S/645.75, cuando en 2016 se cotizaba en 161.03 US\$ o S/552.33 la tonelada (MINAGRI 2020). Esta reducción de los precios agrícolas en el mundo ha tenido un correlato en el mercado peruano, creando un malestar por el impacto en los precios del sector agrario en el cual están involucrados productos ligados a la canasta de consumo del ciudadano peruano. Esto es más serio para los consumidores de bajos y medianos ingresos en cuya canasta de consumo tienen más peso los alimentos. Esta situación podría ser aliviada por Diez *et al.* (2018); Echevarría (2014), Mogollón (2015), que hacen hincapié en los beneficios económicos y ambientales de la liberación de semillas de productos genéticamente modificados, y mencionan los beneficios de Brookes y Barfoot (2006) que ascenderían a 27 mil millones de dólares en el período de 1995 a 2005 en beneficios netos para los agricultores y una reducción de 224 millones de kilos de pesticidas y la reducción en 15 por ciento en la emisión de gases de efecto invernadero.

Esta problemática lleva a investigar los posibles impactos sobre la producción y los precios agrarios, derivados de la introducción de tecnologías modernas como la biotecnología de recombinación genética, transgénesis (incorporando material genético de especies diferentes) o cisgénesis (incorporando material genético de parientes silvestres), en la producción agrícola, por investigadores de diversos países, y en Perú, Diez *et al.* (2018), Luna (2014), Guillén (2013) lo han hecho para evaluar el impacto de semillas mejoradas genéticamente en el cultivo de papa, buscando generar información para la toma de decisiones de las instancias gubernamentales de nuestro país. Sin embargo, cabe la duda si se incrementa la robustez del análisis al pasar de modelos determinísticos a modelos probabilísticos. Por ello, se hace la evaluación comparativa de mediciones determinísticas y probabilísticas.

En consecuencia, se tiene estos objetivos de la investigación:

### **Objetivo general**

Evaluar la eficiencia analítica de las diversas metodologías y comparar los resultados del dimensionamiento de los costos y beneficios de la posible introducción de semillas de productos genéticamente modificados en la agricultura peruana.

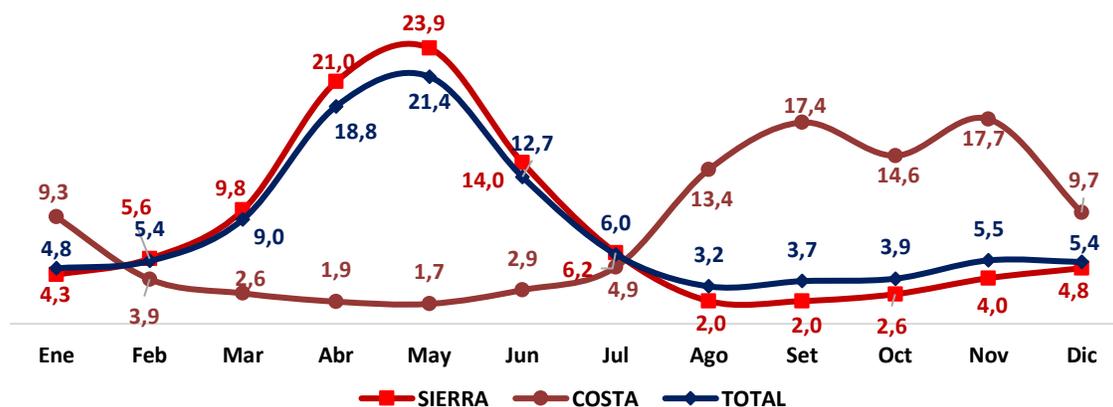
### **Objetivos específicos**

- Comparar los resultados de corto plazo, obtenidos con metodologías determinística y probabilística de la liberación de semillas genéticamente modificadas en los rendimientos agrícolas y beneficios económicos del cultivo de papa blanca.
- Comparar los resultados de largo plazo, obtenidos con metodologías determinística y probabilística de la liberación de semillas genéticamente modificadas en los excedentes de la sociedad y los beneficios de la inversión gubernamental en el desarrollo de semillas GM de papa blanca.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. ANTECEDENTES

La producción de papa en Perú en los últimos 20 años ha crecido 2.5 por ciento cada año, especialmente en la sierra, donde es el cultivo más importante de la economía familiar. La papa es el primer alimento básico para la sierra y de todo el país. La producción anual de papa de Perú, en el 2018, alcanzó su máximo (5.1 millones de toneladas); con un aporte al PBI agropecuario de 6.4 por ciento, y un valor bruto de 4.1 mil millones de soles corrientes (2018), ocupando 33.9 millones de jornales. A este cultivo se dedican 634 mil productores según el IV Censo Nacional Agropecuario del año 2012, 98.6 por ciento conducen 56.7 por ciento de la superficie instalada con parcelas menores de 3 hectáreas. La siembra se da en la costa y sierra de Perú, pero el 97.4 por ciento de la producción se concentra en 14 departamentos, pero resaltan Puno, Huánuco, La Libertad y Apurímac. La producción de papa en costa, es mayor en el segundo semestre, y cubre la demanda de Lima, Ica, Arequipa (MINAGRI 2018). En costa hay mejores rendimientos por el mayor uso de semilla certificada y el paquete tecnológico asociado. La estacionalidad de la producción por región se muestra en la Figura 1. La papa se produce, 97.4 por ciento en la sierra y 2.6 por ciento en la costa. La siembra de la costa es mayor en el segundo semestre de cada año, al concluir la cosecha grande de sierra, y se orienta a Lima Metropolitana, que alberga un tercio de la población peruana. La mejor producción en sierra se da en valles interandinos con riego por gravedad.



**Figura 1.** Distribución mensual de las cosechas de papa (%)  
Fuente: MINAGRI (2018)

En los últimos 19 años la superficie cosechada de papa ha crecido (MINAGRI 2018). El máximo número de hectáreas cosechadas se dio el año 2018, 323 mil hectáreas, por incremento del área en la sierra. La productividad nacional de la papa ha crecido a una tasa anual de 1.8 por ciento, Arequipa al 2.4, Ica y Lima en menor proporción; el crecimiento de la productividad en sierra superó al promedio nacional. En el 2000 el rendimiento promedio fue 11.2 toneladas/hectárea. El impacto climático en la sierra ha forzado siembras a mayor altura que años anteriores. El año 2018 reunió condiciones climáticas y agronómicas favorables para un crecimiento de producción del 7.2 por ciento respecto al 2017 por mayor área (incremento de 4.1 por ciento) y mejor rendimiento promedio (3 por ciento de crecimiento). La papa se exporta e importa en pequeña cantidad. La importación de papa precocida es para negocios de comida rápida en volúmenes pequeños pero crecientes de 104 toneladas en 1950 a 32,279 toneladas en el 2018 (32 millones de dólares) en cambio sus exportaciones apenas ascienden a 664 toneladas.

En la Tabla 1 se presenta los costos de producción de papa en 3 regiones agrarias productoras: Junín, Lima, Cajamarca: Junín con tecnología media (Junín media), Lima con tecnología media y alta (Lima media y Lima alta), Cajamarca con tecnología media y baja (Cajamarca media y Cajamarca baja).

**Tabla 1. Costos de producción S/ hectárea de papa (Junín, Lima, Cajamarca, Puno y Ayacucho)**

<b>Región</b>	<b>Junín media</b>	<b>Lima media</b>	<b>Lima alta</b>	<b>Cajamarca Media</b>	<b>Cajamarca Baja</b>
Semilla	1,800.00	4,830.46	3,272.61	4,504.01	1,776.03
Fertilizantes	3,290.00	1,767.24	3,048.28	919.97	480.31
Insecticidas	660.00	279.81	989.70	239.58	117.29
Fungicidas	960.00	485.99	475.06	325.82	290.42
Herbicidas	240.00	132.54	131.96	0.00	0.00
Adherentes	150.00	44.18	52.78	76.66	33.51
Mano de obra	2,360.00	2,002.87	1,464.76	862.47	1,362.74
Mecanización	1,300.00	1,325.43	844.54	891.22	1,117.00
Otros gastos	3,160.00	1,045.62	778.56	1,542.86	279.25
Costos directos	13,920.00	11,914.10	11,058.20	9,362.59	5,456.55
Costos indirectos	0.00	2,812.86	2,137.75	201.24	128.46
Costo total/h	13,920.00	14,727.00	13,196.00	9,563.80	5,585.00

Fuente: MINAGRI (2018)

En la Tabla 2 se presenta los costos para las regiones de Puno con tecnología media y baja (Puno media y Puno baja), Ayacucho con tecnología media y baja (Ayacucho media y Ayacucho baja).

**Tabla 2. Costos de producción S/ hectárea de papa (Puno y Ayacucho)**

<b>Región</b>	<b>Puno media</b>	<b>Puno baja</b>	<b>Ayacucho media</b>	<b>Ayacucho baja</b>
Semilla	3,873.16	1,001.54	3,280.41	2,313.22
Fertilizantes	732.76	778.97	1,760.22	582.04
Insecticidas	282.64	209.47	1,320.17	552.19
Fungicidas	94.21	294.57	493.40	276.09
Adherentes	83.74	65.46	160.02	29.85
Mano de obra	1,947.05	1,590.68	1,693.55	701.43
Mecanización	868.84	805.16	853.44	1,276.00
Otros gastos	1,936.58	1,551.40	2,720.34	1,512.40
Costos directos	9,818.98	6,297.25	12,281.54	7,243.22
Costos indirectos	649.02	248.75	986.79	238.78
Costo total/h	10,468.00	6,546.00	13,268.30	7,482.00

Fuente: MINAGRI (2018)

En la Tabla 3 se presenta los costos de producción en las regiones de Huánuco y Huancavelica. Se tiene los costos para Huánuco con tecnología media y baja (Huánuco media y Huánuco baja), Huancavelica con tecnología media y baja (Huancavelica media y Huancavelica baja).

**Tabla 3. Costos de producción S/hectárea de papa (Huánuco y Huancavelica)**

<b>Región</b>	<b>Huánuco Media</b>	<b>Huánuco baja</b>	<b>Huancavelica media</b>	<b>Huancavelica baja</b>
Semilla	1,614.37	1,719.64	901.34	721.62
Fertilizantes	3,461.74	1,687.60	1,669.69	775.62
Insecticidas	1,131.72	704.95	265.97	73.64
Fungicidas	1,847.37	1,399.21	221.64	0.00
Adherentes	432.72	106.81	81.27	0.00
Mano de obra	2,446.52	1,815.77	1,795.28	1,433.43
Mecanización	1,264.87	833.12	620.59	981.80
Otros gastos	2,113.66	1,634.19	1,470.21	824.71
Costos directos	14,312.98	9,901.28	7,025.99	4,810.82
Costos indirectos	2,330.02	779.71	362.01	98.18
Costo total/h	16,643.00	10,681.00	7,388.00	4,909.00

Fuente: MINAGRI (2018)

En la Tabla 4 se presenta los rendimientos por hectárea y precios por kilogramo de papa en todas las regiones. Al costado de la zona aparece la palabra alta, media o baja, haciendo referencia al tipo de tecnología.

**Tabla 4. Rendimientos y precios S/kilo papa (Todas las regiones)**

Región	Junín media	Lima media	Lima alta	Cajamarca Media	Cajamarca Baja
Rendimiento	20,000	35,000	40,000	20,000	10,000
Precio promedio	0.75	0.65	0.80	0.80	0.65
Región	Puno media	Puno baja	Ayacucho media	Ayacucho baja	
Rendimiento	20,000	15,000	25,000	18,000	
Precio promedio	1.65	1.20	0.90	0.70	
Región	Huánuco Media	Huánuco baja	Huancavelica media	Huancavelica baja	
Rendimiento	25,000	10,000	15,000	10,000	
Precio promedio	0.70	0.60	0.70	0.50	

Fuente: MINAGRI (2018)

## 2.2. IMPORTANCIA DE LA BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA

La población peruana crece a una tasa promedio anual de 1.1 por ciento, y el año 2050 debe encontrarse alrededor de 40 millones de habitantes, según el INEI, y la superficie territorial de nuestro país es de 1 285 215,60 km<sup>2</sup>, mientras que el total de área agrícola al año 2018 ha sido de 11.6 millones de hectáreas según las imágenes satelitales Sentinel - 2 – MINAGRI (2018). El crecimiento de la población de nuestro país demanda garantizar el abastecimiento de alimentos a nivel nacional y es relevante que el productor esté en condiciones de hacerlo, por ello deben tener acceso a la tecnología, a la información actualizada y a la capacidad para hacer uso de ella. Las Instituciones públicas y las Empresas privadas de investigación y generación de tecnología, difícilmente podrán avanzar en sus objetivos sino tienen acceso a la información. La información, vista como un bien público, se convierte en un activo de poder económico y, se debe ofrecer a los agentes de las cadenas productivas como un servicio en el mercado. La información es indispensable para lograr competitividad, pues las decisiones que tomen los productores deben ser con información oportuna y real para que compren las mejores semillas y así sus cosechas le darán una mejora económica y sostenible en los hogares rurales, promoviendo la continuidad en el campo y evitando la migración del campo a la ciudad.

Según Falck Zepeda (2015), se siembran transgénicos en 23 países, en América, Asia, Europa, con 175 millones de hectáreas en algodón, arroz, colza, maíz amarillo duro, y soya y en menor proporción se siembra en otros países berenjena (India), papa (Alemania), yuca y Frijol (Brasil), al inicio de la aplicación de esta innovación tecnológica los productores tienen dudas por los costos que tendrá esta aplicación y por la ganancia a obtener en la cosecha, porque el productor es pragmático en la compra de una semilla, dado que tradicionalmente han utilizado como semilla la pepita producida en sus campañas anteriores.

Ello ha inducido a algunos países a no aceptar la siembra de semilla transgénica aduciendo precaución ecológica por desconocimiento de los posibles impactos. Perú se ha opuesto con la ***Ley N° 29811 que establece la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional por un periodo de 10 años, promulgada el 17 de noviembre del 2011.*** De los 23 países que siembran cultivos transgénicos, 8 son latinoamericanos; Argentina ha instalado más de 19.1 millones de has. con soya, maíz amarillo duro y algodón, Brasil 15 millones de has con soya y algodón, Paraguay 2.6 millones de has con soya. México, Uruguay, Colombia, Honduras y Chile han instalado menos de 500 mil hectáreas cada país. Lideran Argentina, Brasil y Paraguay con 32.6 por ciento del área total sembrada con transgénicos en el mundo.

Según Gariazzo (2019) se cultivan más de 180 millones de hectáreas de cultivos transgénicos en 28 países del mundo, cinco de ellos concentran 90 por ciento de esta área. América Latina es la segunda mayor productora de cultivos transgénicos después de América del Norte. La mayor fracción de esta área sembrada corresponde a cultivos de soja, maíz, algodón y canola (soja y maíz en nuestro país), y los genes incorporados les confieren la capacidad de expresar toxinas bacterianas con efectos insecticidas, para proteger los cultivos de las larvas de lepidópteros (mariposas y polillas), y la resistencia a herbicidas como el glifosato.

Respecto a la bioseguridad y la biotecnología en América Latina para cultivos de interés de los países, según ISAAA (2017) América Central, Bolivia, República Dominicana y Paraguay cuentan con capacidades muy limitadas respecto a la biotecnología convencional y moderna. El desarrollo agrícola se puede lograr con Políticas Promocionales, Neutrales y Preventivas para la investigación pública, propiedad intelectual, bioseguridad, inocuidad alimentaria y protección al consumidor (etiquetado) y la participación del sector privado en la transferencia de tecnologías. La biotecnología demanda mayores gastos en el campo a instalar, y cambio en el precio por mayor oferta; y, por el lado de la producción ocurre una reducción por menos gastos en compra de insecticidas, maquinaria y equipos y en productividad se presenta una mejora significativa del rendimiento y mejora de la calidad del producto (menores residuos tóxicos). El “Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica” en Cartagena – Colombia en febrero de 1999 fue programado para ser concluido y adoptado. Sin embargo, el protocolo fue finalizado y adoptado un año después el 29 de enero del año 2000 en Montreal, Canadá, con el fin de analizar el riesgo ambiental del movimiento trans-fronteras de los “Organismos Vivos Modificados” permitiendo la posibilidad de incluir aspectos socio-económicos en la toma de decisiones, pero con límites.

147 países ratificaron el Protocolo y 45 se abstuvieron, estos últimos tienen legislaciones en su país que rigen el análisis de riesgo que incluye a Estados Unidos, Canadá, Argentina, Australia, Honduras entre las más importantes. En el análisis de riesgo consideran, la Seguridad; con el fin de prevenir la introducción de productos potencialmente dañinos al medio ambiente y la salud pública, Eficacia; busca prevenir la introducción de productos irrelevantes o ineficaces y la Confianza Pública; tanto en la seguridad como en la eficacia de los productos regulados y aprobados por procesos regulatorios.

Pixley *et al.* (2019) citan a Giller *et al.* (2017) quienes comparan la ingeniería genética en el control de plagas y enfermedades con la agroecología basándose en el ejemplo de resistencia a *Phytophthora infestans* (tizón tardío) con cisgénesis en papa. Esta tecnología se logró con fondos públicos y supervisión pública en todo el proceso y se lograron patentes para evitar el monopolio privado. La ventaja es que se aglutinó tres fuentes de resistencia a enfermedades en la misma variedad reduciendo la fumigación de fungicidas a una sola aplicación, con ello disminuyen costos y la posibilidad de que el patógeno desarrolle resistencia a los fungicidas, en contraste con el uso común de fumigar 15-20 veces por campaña. Se aprovecha resistencia presente en la naturaleza (de parientes silvestres de la papa) para controlar una enfermedad que acarrea importantes pérdidas a los agricultores. Además, genera beneficios ambientales al reducir el uso de fungicidas. Entonces, la ingeniería genética se torna una herramienta de la agroecología. Sin embargo, se da una controversia política sobre el uso de estas tecnologías, donde el rechazo a lo nuevo (ingeniería genética, transgénicos, cisgénicos) y a las transnacionales se mezcla y los que rechazan arguyen daños a la salud, al ambiente, a la biodiversidad, al genoma de la papa y la economía de los pequeños productores.

### **2.3. MARCO TEÓRICO.**

Falck Zepeda (2008), señala investigaciones realizadas en Perú a nivel de tesis, con relación a los impactos económicos de una hipotética liberación de semilla de papa cisgénica resistente a *Phytophthora infestans* en diferentes zonas productoras, tal como mencionan Varona (2012), Luna (2014), Guillén (2013) y Echevarría (2014); y de liberación de semilla de maíz amarillo duro (Bt) resistente a insectos (*Spodoptera frugiperda*) demostrando que los beneficios son favorables en forma significativa al productor y al consumidor, en el caso del productor con una mejor productividad y en el caso del consumidor con un menor precio.

Para combatir plagas y enfermedades en nuestro país actualmente se destina mucho dinero en la compra de pesticidas y fungicidas dañando el medio ambiente y las productividades se ven mermadas, pudiendo obtener con menos plagas y enfermedades utilizando mejor semilla (más resistente a estos problemas) rendimientos competitivos similares a otros países cuyos rendimientos se encuentran por encima a los que actualmente venimos obteniendo. En papa, Guillén (2013) señala la reducción del impacto ambiental por la reducción de fungicidas (empleados para combatir la *Phytophthora infestans* causante de la racha). En maíz amarillo duro, Mogollón (2015) encuentra reducción de impacto ambiental por menor uso de plaguicidas para combatir el gusano Cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Respecto a evaluación de metodologías, Diez *et al.* (2013) realizan un trabajo seminal para Perú, pues a nivel determinístico realizan una evaluación ex – ante de los posibles impactos de la liberación de semillas genéticamente modificadas empleando métodos determinísticos, con el análisis de Presupuesto Parcial y el Modelo de Excedentes los cuales se complementan muy bien, pues los indicadores generados por el Presupuesto Parcial (empleado para la evaluación de corto plazo) ingresan en el Modelo de Excedentes (empleado para la evaluación de largo plazo). Además, en la evaluación de largo plazo, se usa un modelo desarrollado por investigadores colombianos, el Modexc, construido en Excel con los principios detallados por Alston *et al.* (1995). Sin embargo, esta evaluación se queda corta al no incorporar el riesgo, pues, al tomar valores promedio de cada variable obtiene resultados puntuales, y no es capaz de establecer las probabilidades de ocurrencia de dichos resultados. Para solventar eso, en otros trabajos, Diez *et al.* (2018) y Diez *et al.* (2019) emplearon modelos probabilísticos para evaluar a nivel ex – ante, los impactos de semillas genéticamente modificadas de papa, obteniendo una gama de escenarios que permiten obtener una gran cantidad de resultados posibles para las variables de salida.

En estos trabajos se emplea una metodología que cumple estos criterios:

#### **I. Para la evaluación de corto plazo.**

Se construye el modelo de presupuesto parcial de Horton (1982) siguiendo estos pasos:

- 1) Se establece un escenario de partida, el cual es el presupuesto de producción de un cultivo convencional. Construido a partir de data de encuestas o con información secundaria. En el presupuesto se discriminan componentes de costo:
  - a. Probabilísticos, se denominan variables de entrada.
  - b. Determinísticos, con probabilidad de ocurrencia del 100%.

- 2) Se establecen las variables que van a cambiar al emplear la nueva semilla y se construye la distribución de probabilidad de las variaciones que sufrirán con la nueva semilla.
  - a. Incremento en precio de semilla (por el plus por mejoras de rendimiento y otras ventajas para el productor de semillas GM, de datos del mercado de semillas).
  - b. Reducción en gasto en pesticidas (explicable por la reducción debida a la resistencia lograda con la semilla GM, a partir de datos de investigaciones de evaluación ex - post).
  - c. Incremento en rendimiento (a partir de información de investigaciones ex – post y opinión de expertos).
- 3) Se construye el presupuesto de producción del cultivo genéticamente modificado a partir de los datos del escenario de partida (convencional) y los datos de variaciones de las variables que cambiarán con la nueva semilla.
- 4) Se obtiene el indicador de Beneficio – Costo Marginal aplicando el método de Horton (1982), en condiciones probabilísticas.
- 5) Con los presupuestos se obtiene las variaciones en costos y beneficios al cambiar de semilla.

## **II. Para la evaluación de largo plazo.**

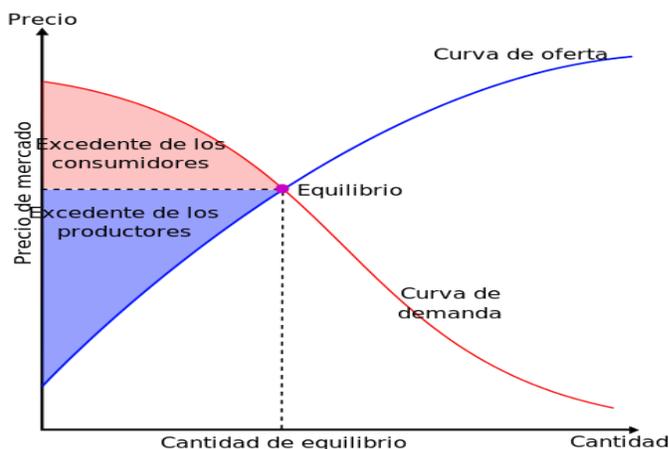
El modelo de excedentes de Alston,y Pardey (1995) tiene los siguientes supuestos:

1. Cantidad producida en el nivel de partida.
2. Precio esperado a partir de la trayectoria de precios de mercado.
3. Elasticidades de oferta y demanda del producto
4. Cambio en costos (dato del modelo de presupuesto parcial).
5. Cambio en beneficios (dato del modelo de presupuesto parcial).
6. Tasa de adopción de la innovación.
7. Tasa de éxito de las innovaciones: 100%
8. Tasa de depreciación: No hay depreciación.
9. Tasa social de descuento vigente en la economía.

Con este modelo, se obtiene los siguientes indicadores probabilísticos:

- 1) Cambio de excedentes del productor.
- 2) Cambio de excedentes del consumidor.
- 3) Cambio de excedentes de la sociedad.
- 4) Valor Actual Neto de la Inversión en el desarrollo de la semilla.
- 5) Tasa Interna de Retorno de la Inversión en el desarrollo de la semilla.

Diez *et al.* (2019) emplean este modelo y encuentran que, empleando la semilla certificada de arroz La Puntilla, lograrán un BC mayor que 1 y un significativo incremento en los excedentes sociales. Entendiendo los excedentes sociales como la suma de los excedentes de productores y de los excedentes de los consumidores. El modelo de excedentes, graficado en la Figura 2, busca evaluar el bienestar de los consumidores y productores en una sociedad considerando una situación de equilibrio.



**Figura 2.** Economipedia (2020). Modelo de excedentes

<https://economipedia.com/definiciones/excedente-del-productor.html>

El excedente del productor es la diferencia entre el precio de mercado y el precio mínimo que está dispuesto a cobrar el productor (dado por la curva de oferta, el tramo ascendente del costo marginal). El excedente del consumidor es la diferencia entre la disposición a pagar del consumidor (dada por la curva de demanda) y el precio de mercado. La suma de ambos excedentes es el excedente social. Si se logra una innovación tecnológica se dará un desplazamiento de la curva de oferta, debido a que varían los costos de producción, en especial el costo por cada kilogramo adicional producido, es decir, el costo marginal, representado en la curva de oferta. Ello empujará hacia abajo a la curva de oferta y se producirá un nuevo equilibrio, con un precio menor y una cantidad mayor vendida. Este desplazamiento de la oferta alterará el nivel de excedentes de los consumidores y productores. Esto es, el cambio de excedentes, se producirá por una mejora tecnológica, de tipo biológico que afecta a la curva de oferta y altera el punto de equilibrio (cantidad, precio) provocando un cambio en los excedentes de consumidor y productor.

Así, la mejora tecnológica no produce únicamente un cambio en el bienestar del productor, incrementando su rentabilidad por hectárea. Producirá cambios en el equilibrio de mercado, el precio se reducirá y la cantidad vendida aumentará.

El método determinístico producirá una situación de equilibrio con coordenadas únicas. Los trabajos realizados con el método probabilístico producirán un conjunto de escenarios de equilibrio, donde el productor tendrá una serie de posibilidades de beneficio. Esto se explica porque la estructura de costos comprende datos que son valores fijos y datos que responden a una distribución probabilística, por ello obtenemos un costo total que no es un punto sino un vector de datos. Por el lado del precio, éste también es un vector que describe una trayectoria probabilística. Lo mismo ocurre con los rendimientos por hectárea, que también tienen un valor mínimo de rendimiento por hectárea, en ocasiones un valor modal (que se repite con mayor frecuencia que los otros valores) y un valor máximo de rendimiento por hectárea. El total de ingresos que, en el caso determinístico resulta de multiplicar el valor promedio del precio por el valor promedio del rendimiento, en este caso es el producto de dos vectores, siendo así el total de ingresos un vector de datos. Entonces, la rentabilidad, resultante de restar al total de ingresos el total de costos, en este caso, es la resta del vector de ingresos menos el vector de costos. El resultado será una distribución de probabilidad de la rentabilidad. ¿Cuál es el método más eficiente? Es lo que se debe evaluar con el análisis matemático y la comparación de ambos métodos.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS.**

#### **3.1. ÁMBITO**

La evaluación se realiza a nivel de las áreas productivas de Papa blanca en las regiones del Perú.

#### **3.2. HIPÓTESIS.**

##### **Hipótesis general**

El incremento en la rentabilidad de los agricultores del Perú en las diversas regiones productoras de Papa, debido a la liberación de una semilla genéticamente modificada por biotecnología de recombinación genética, se evidenciaría en una forma más eficiente con metodologías probabilísticas, pues incorporan elementos de riesgo y brindarían un rango de posibles costos y beneficios de la liberación de semillas de productos genéticamente modificados en la agricultura peruana, superando a las metodologías determinísticas que dan valores fijos y no proporcionan márgenes de riesgo.

##### **Hipótesis específicas**

- Las evaluaciones con metodologías determinísticas proporcionarían resultados útiles pero limitados para los tomadores de decisión y los agricultores pues dan un solo escenario sin márgenes de riesgo para la evaluación de la liberación de semillas GM.
- Las evaluaciones con metodologías probabilísticas brindan al tomador de decisiones y a los productores agrícolas, múltiples escenarios de resultados de la liberación de semillas GM en rendimientos agrícolas y rentabilidad económica del cultivo de papa blanca.

### **3.3. MÉTODOS Y MODELOS**

#### **3.3.1. Método determinístico**

Betancur y Roldán (2019) citan a Lira (2013), de acuerdo a los autores, el modelo de índole determinística se caracteriza porque las variables utilizadas (en su totalidad) en el flujo de caja tienen valores conocidos e invariantes, entonces siempre se tiene la misma respuesta y no toma en cuenta el riesgo de la situación en la que se encuentran. La probabilidad de ocurrencia, es decir, que los valores de las variables predichos se cumplan en su totalidad, es del 100 por ciento. Sin embargo, el utilizar el método determinístico, cada término del modelo numérico se representaba por un “único número” conocido como “análisis de peor caso” (en inglés, Worst Case Analysis), el cual no toma en cuenta la incertidumbre ni variabilidad, y como resultado se podría ocasionar una falsa impresión de precisión y sobreestimaciones, motivo para recomendar el uso del método solo en análisis preliminares según Peluso (2005).

#### **3.3.2. Método probabilístico**

El análisis de riesgo con el método probabilístico es considerado como la evaluación dada con el uso de modelos a partir de probabilidades, con el fin de presentar la distribución de los niveles de riesgo de un proyecto de acuerdo a Peluso (2005). En el cual se asumen las variables del modelo como aleatorias.

Según Lira (2013), el método probabilístico tiene como principal ventaja la consideración del riesgo en la simulación, en este se toma en cuenta el diferente comportamiento de las variables en relación a las predicciones. Pues, ante la existencia de incertidumbre, se requerirá del uso de aleatoriedad en las variables con el fin de poder predecir su comportamiento y con el mismo rango dado inicialmente, se podrán obtener diferentes resultados o escenarios. Cabe resaltar que, al poder incorporar cierto grado de riesgo o incertidumbre a un proyecto, es decir, tomar el rango de los posibles valores futuros de variables utilizadas, conlleva a obtener un enfoque más realista.

Mallea (2016) hace referencia a las situaciones en las que se deberían considerar el uso del método probabilístico, entre estas: i) cuando la actitud hacia el riesgo de las personas involucradas es importante, ii) cuando la información incierta de diversas fuentes deberá ser combinada, iii) cuando se deberá invertir para adquirir mayor información, y iv) cuando las pérdidas son significativas y asimétricas en torno a la decisión óptima.

### **3.3.3. Modelo de Simulación de Montecarlo**

López (2019) señala que la simulación de Montecarlo, es una técnica computarizada que favorece las tomas de decisiones en escenarios riesgosos, pues ofrece a las autoridades responsables del proyecto de inversión una serie de resultados posibles con sus respectivas probabilidades de que se produzcan, ante las medidas que se tomen en torno al proyecto.

Zapata (2010) señala que el modelo probabilístico se obtiene generando números de manera aleatoria, con diversas distribuciones de probabilidad cuyo objetivo es estimar y predecir el posible comportamiento de un sistema, tomando en cuenta variables de índole probabilísticas, además de apoyar a los agentes en tomar las decisiones pertinentes en un proyecto donde los valores de las variables no se expresan con exactitud ante un escenario cambiante. En primer lugar, se crean modelos de los resultados posibles a partir de sustituir el rango de los valores, seguido a esto, se calculan grupos con los resultados con valores aleatorios en función a la distribución de probabilidades, las que podrán generar resultados en su mayoría diferentes, esto dependerá de la incertidumbre enfrentada y los rangos de las variables dadas inicialmente. Los grupos de muestras se conocen como iteraciones, y el modelo registra cada resultado que corresponde a dicha iteración, esta puede ser realizada cientos e incluso miles de veces.

De acuerdo a US EPA (2020), las ventajas de utilizar el software informático @Risk en la evaluación de riesgos es la de realizar los cálculos en una sola operación, a pesar que el proceso de simulación de Montecarlo tiene una certera complejidad, además, presenta practicidad al presentar los resultados en gráficos y tablas de comprensión intuitiva, a continuación, la Tabla 5 presenta las salidas que ofrece la simulación de Montecarlo.

**Tabla 5. Salidas presentadas en la Simulación de Montecarlo**

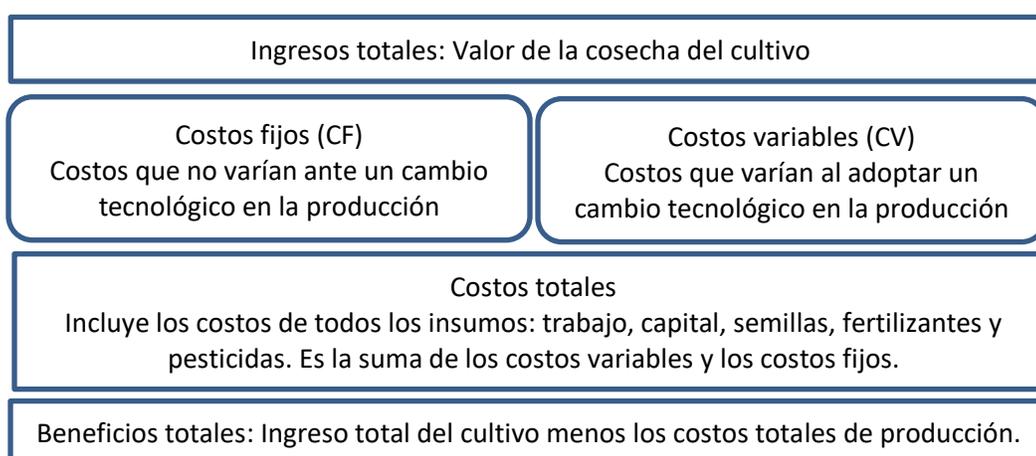
---

Resultados Probabilísticos	Muestran las probabilidades de las variables y sus posibles resultados.
Resultados Gráficos	Creación de gráficos y probabilidad de ocurrencia, facilita la comprensión de los resultados.
Análisis de sensibilidad	Observación de las variables que presentan mayor influencia sobre los resultados.
Análisis de escenarios	Se puede determinar los valores exactos que se dan ante cada resultado.
Correlación de variables de entrada	Modelación de relaciones entre las variables de entrada.

---

### 3.3.4. Presupuesto parcial probabilístico y determinístico

El análisis de presupuesto parcial permite la evaluación de las variaciones en los ingresos netos, así como en los beneficios generadas por la hipotética adopción de un cambio tecnológico, el cual impacta los procesos productivos. El modelo se basa solo en el uso de costos que varían directamente ante el cambio tecnológico, es por eso que se le llama “Presupuesto Parcial”. A continuación, se muestra un esquema con la descripción de las variables utilizadas y la lógica formal del análisis económico de acuerdo a Horton (1982).



**Figura 3.** Costos y beneficios en la producción de papa  
Fuente: Horton (1982)

El Método de Presupuesto Parcial, se denomina así pues no necesitan que se incluyan todos los costos y retribución de la producción, bastará con solo aquellos que cambian entre las practicas usuales de los agricultores y las nuevas alternativas de evaluación. En el estudio, el método de presupuesto parcial permitirá el análisis de la variación de costos a partir del uso de papa cisgénica.

### **Elementos del Modelo de Presupuesto Parcial Probabilístico**

Los elementos del modelo se presentan en la Tabla 6

**Tabla 6. Elementos del modelo de presupuesto**

<b>VARIABLES DETERMINÍSTICAS</b>	<b>VARIABLES PROBABILÍSTICAS</b>	
	Variables de entrada	Variables de salida
Gastos en maquinaria		
Mano de Obra	Gasto en semilla	Mano de obra en cosecha
		Índice de Beneficio-costos marginal
Gastos administrativos	Gasto en pesticidas	Rendimiento del cultivo (Ha)
		Incremento de margen de rentabilidad
Gastos financieros	Gasto en fertilizantes	Precio en chacra

Elaboración propia.

#### **3.3.5. Índice de beneficio-costos marginal (Determinístico vs. Probabilístico)**

El índice de Beneficio - Costo Marginal debe asumir un valor mayor a uno para que esta innovación sea útil para la agricultura. Un valor de uno significa que la innovación es neutral, no mejora el bienestar del productor. Un valor menor a uno, indica que la innovación no es económicamente rentable (proporciona pérdidas al agricultor). Es marginal porque mide un cambio en una pequeña área del proceso productivo. El modelo de presupuesto parcial permite calcular los incrementos en margen de rentabilidad, donde si dicho incremento es positivo, se confirma la bondad de la tecnología. Es marginal porque mide un cambio en una pequeña área del proceso productivo.

Para la obtención del índice de beneficio - costo marginal se construye un modelo de presupuesto parcial haciendo uso de la hoja de cálculo Excel, con lo cual se obtendrá el índice primero en términos determinísticos considerando los valores promedios de costos, beneficios y variaciones de rendimientos y costos.

En ambos casos, el modelo de análisis es:

$$\frac{\textit{Beneficio}}{\textit{Costo}} \textit{Marginal} = \frac{\sum \textit{Nuevos Beneficios}}{\sum \textit{Nuevos Costos}}$$

Se consideran los nuevos beneficios como la suma de ingresos obtenidos de la semilla genéticamente modificada y los costos abandonados al no hacer uso de la semilla convencional. Los nuevos costos son la suma de los costos de producción de la semilla genéticamente modificada y de los ingresos abandonados al no usar la semilla convencional.

En el modelo determinístico se toman valores promedios de costos e ingresos, lo cual genera un resultado único de la evaluación. En segundo lugar, se obtendrá el índice de beneficio costo marginal en términos probabilísticos aplicando el software @Risk. En el modelo probabilístico, los valores de costos, precios, ingresos y variaciones en rendimientos y costos son considerados probabilísticos pues dependen de cierto rango de cambio en el rendimiento del cultivo, es decir, el valor esperado tanto del rendimiento y precio del cultivo, y costos de producción (semillas, pesticidas, fertilizantes, y otros), lo cual proporciona una imagen del riesgo agrícola en estos cultivos. Dado que la actividad agrícola está sujeta a riesgos, con alta variabilidad de rendimientos (explicable por agentes bióticos y abióticos: clima, disposición de agua, etcétera), hay alta variabilidad en precios del producto, de las semillas y otros insumos, por lo cual se construye el presupuesto parcial y se obtiene el coeficiente de beneficio – costo marginal en ambiente probabilístico, aplicando software de simulación que se acopla a la hoja de cálculo Excel.

### **3.3.6. Cambio de excedentes determinístico vs probabilístico (@risk)**

El modelo de cambio de excedentes económicos permite evaluar tecnologías antes o después de ser implementadas, y estima los beneficios sociales de la nueva tecnología a través del tiempo y su distribución entre productores y consumidores. Permite obtener indicadores de rentabilidad social de las inversiones en investigación y desarrollo de las tecnologías: el valor actual neto

(VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y los cambios en excedentes de los productores y consumidores. Se emplea el modelo de excedentes económicos de Alston *et al.* (1995), citado por Falck- Zepeda (2010) en entorno probabilístico, lo que permitirá evaluar la rentabilidad económica probable por la inserción de mejoras tecnológicas en la producción de papa blanca. Las fórmulas para los cambios del productor nacional y del consumidor, utilizados, son las siguientes:

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

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

$$\Delta TS = \Delta PS + \Delta CS$$

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

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

Donde:

- $P_0$  = Precio sin la innovación
- $Q_0$  = Cantidad sin la innovación.
- $A$  = Tasa de adopción
- $D$  = Tasa de depreciación.
- $\Delta CS$  = Cambio en excedente del consumidor.
- $\Delta PS$  = Cambio en excedente del productor.
- $\Delta TS$  = Cambio en el excedente total.
- $Co$  = Cantidad consumida sin la innovación
- $K$  = Tamaño proporcional del desplazamiento de la oferta.
- $Z$  = Variación de precios relacionados con la adopción de la nueva tecnología.
- $\Delta Y$  =  $Y_{GM} - Y_{Convencional}$
- $Y_{GM}$  = Rendimiento esperado de cultivo con semilla cisgénica
- $Y_{Convencional}$  = Rendimiento de cultivo con semilla inicial.
- $\Delta C$  =  $C_{GM} - C_{Convencional}$
- $C_{GM}$  = Costo de producción esperado de cultivo con semilla cisgénica.



La evaluación de largo plazo sobre los impactos económicos de liberar una semilla modificada genéticamente de papa, se efectúa con el método de cambio de excedentes económicos de Alston *et al.* (1995), tal como hicieron Mogollón (2015), Tarazona (2016), Matta (2016), en una hoja de cálculo Excel, aumentada con el software @Risk, con las siguientes características y criterios:

**Columna 1:** Elasticidad de la demanda (de estudios anteriores), en valor absoluto para el modelo de Alston *et al.* (1995).

**Columna 2:** Elasticidad de oferta (estudios anteriores).

**Columna 3:** Variaciones en el rendimiento esperado por cambio tecnológico.

**Columna 4:** Variación equivalente del rendimiento, resultado de dividir el cambio esperado entre la elasticidad de oferta (3/2).

**Columna 5:** Variaciones en costos de insumos (variación en costos de producción al cambiar la semilla común por la semilla cisgénica)

**Columna 6:** Variación equivalente de costos (dividir variaciones de costos de insumos entre la diferencia de la elasticidad de demanda respecto al cambio en rendimiento esperado de la nueva semilla)

**Columna 7:** K potencial, variaciones en los costos de producción en caso de cultivar con semilla genéticamente modificada, tiene tendencia al alza y se refleja desde el primer año.

**Columna 8:** Probabilidad de éxito promedio de 75%, considerado para innovaciones tecnológicas.

**Columna 9:** La tasa de adopción se toma de Rogers (1995) adoptando la semilla cisgénica: el primer año tendrá un 2.8% de los agricultores, el segundo llega a 16%, el tercero a 50% de los productores y el cuarto llegaría al tope de 80%. No se considera un mayor crecimiento ante el surgimiento y adopción de alternativas adicionales.

**Columna 10:** Tasa de depreciación: se considera que no presenta depreciación ni crecimiento externo por ser una tecnología nueva.

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

**Columna 12:** Z, variación de precios por uso de la semilla cisgénica desde el primer año.

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

**Columna 14:** Cantidad, total de producción del cultivo en el Perú en el año 2018 según Minagri.

**Columna 15:** Cambios en excedentes del productor(EP).

**Columna 16:** Cambio en excedente del consumidor(EC).

**Columna 17:** Cambio en excedente social(ES).

**Columna 18:** Costo de investigación y difusión de la nueva semilla: de acuerdo a expertos, el costo podría fluctuar entre medio millón y 5 millones de dólares. El resultado esperado medio sería inferior a 3 millones de dólares.

**Columna 19:** Costos de transferencia de tecnología, durante los primeros 4 años de liberación de semilla cisgénica, se considerará un 20 por ciento del costo de investigación anual.

#### **3.4. SUPUESTOS ADICIONALES:**

- a) Economía cerrada según Falck Zepeda (2010), pues no hay comercio exterior significativo de papa.
- b) Para calcular el Valor Actual Neto (VAN), se toma la Tasa Social de Descuento (TSD): 9 por ciento del Ministerio de Economía y Finanzas (2014).
- c) Se usa la simulación de Montecarlo en el software @Risk.
- d) Elasticidades de oferta y demanda de Papa blanca: Elasticidad de demanda (-0.42) y de oferta (0.206) de la papa se toman de Echevarría (2014).
- e) Gastos de inversión y difusión de la tecnología: Respecto a los costos de inversión en adaptación de la semilla de papa cisgénica con resistencia a insectos y rancho, con cualidades adicionales como la resistencia a la abrasión, y reducción de asparragina para que libere menos acrilamida en la cocción a altas temperaturas, aplicando material genético de papas silvestres: Según los expertos el costo podría estar entre medio millón de dólares y 5 millones de dólares. El resultado probable sería inferior a 3 millones de dólares. De acuerdo a Thiele *et al.* (1998) el costo por una semilla genéticamente modificada fluctúa entre 1.4 y 1.5 millones de dólares. Pero, considerando la incorporación de varios eventos transgénicos se considera que está bien la estimación
- f) Tasa de adopción de la tecnología. Creciente, en el primer año adoptan la nueva semilla el 2,8 por ciento de los agricultores (los más arriesgados innovadores), el segundo año se

agregan 13.2 por ciento (los seguidores más emprendedores) llegando a 16 por ciento, el tercer año se estaría llegando a un total de 50 por ciento de los productores y el cuarto año se llegaría a un tope de 80 por ciento. No hay mayor crecimiento por el surgimiento y adopción de otras alternativas.

- g) No se considera depreciación de la tecnología ni crecimiento externo.
- h) Cantidad producida en el área bajo estudio en el año 2018: 5.12 millones de toneladas.
- i) Precio de la papa blanca en Perú para el año 2018 por tonelada fue de 790.00 soles

### 3.4.1. Estadística descriptiva de los costos de producción de papa en el Perú

**Tabla 7. Estadísticos de costos de producción de papa en el Perú**

<b>Rubro</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desv. Std.</b>	<b>Moda</b>
Semilla	721.62	4830.6	2,431.42	1,380.93	#n/a
Fertilizantes	480.31	3,461.74	1,611.88	1,054.44	#n/a
Insecticidas	73.64	1,320.17	525.19	408.72	#n/a
Fungicidas	0.00	1,847.37	551.06	537.07	#n/a
Herbicidas	0.00	240.00	38.81	78.00	0.00
Adherentes	0.00	432.72	101.31	109.49	#n/a
Mano de obra	701.43	2,446.52	1,652.04	507.36	#n/a
Mecanización	620.59	1,325.43	998.62	231.06	#n/a
Otros gastos	279.25	3,160.00	1,582.29	786.38	#n/a
Costos indirectos	98.18	2,812.86	914.46	962.75	#n/a
Rendimiento	10,000.00	40,000.00	20,230.77	9,257.01	20,000.00
Precio promedio	0.50	1.65	0.82	0.30	0.70

Fuente: MINAGRI (2018)

### 3.4.2. Cambios de costos por cambios en el uso de insumos y cambios en rendimientos con la nueva tecnología

Para la estimación de impactos económicos para los productores de Papa, se considera cuatro variables:

- 1) Cambio en rendimientos,
- 2) Gasto en semilla,
- 3) Cambio en uso de insecticidas y
- 4) Cambio en uso de fungicidas.

La semilla de papa que se propone liberar, teniendo cuidado de seguir los cánones del Protocolo de Cartagena de Bioseguridad, incorpora resistencia a lepidópteros (con genes Bt) y genes de resistencia a rancho (Rpi-vnt1.1) obtenidos de papas silvestres. Asimismo, resistencia a la abrasión y reducción de asparragina.

**Tabla 8. Variación de variables fundamentales del cultivo de Papa**

Variaciones	Mínimo	Máximo	Esperada
Incremento Rendimientos	0%	100%	50%
Gasto en semilla	10%	70%	40%
Reducción de Insecticidas	0%	100%	50%
Reducción de Fungicidas	50%	100%	75%

Fuente: Echevarría (2014) y entrevista a Enrique Fernández Northcote, investigador de IBT UNALM en 2018.

### 3.5. ESCENARIOS DE PARTIDA Y LLEGADA CON LOS MÉTODOS DETERMINÍSTICO Y PROBABILÍSTICO.

#### 3.5.1. Escenarios con el método determinístico

**Tabla 9. Costos de producción promedio de papa en el Perú**

RUBROS	Costos de producción papa		
	Convencional	Cisgénica	Variaciones Esperadas
Semilla	2431,42	3403,98	40,00%
Fertilizantes	1611,88	1611,88	0,00%
Insecticidas	525,19	262,595	-50,00%
Fungicidas	551,06	137,765	-75,00%
Herbicidas	38,81	38,81	0,00%
Adherentes	101,31	50,655	-50,00%
Mano de obra + Mecaniz.	2650,66	2650,66	0,00%
Otros gastos	1582,29	1582,29	0,00%
Costos indirectos	914,46	914,46	0,00%
Costos totales	10407,08	10653,10	2,36%
Rendimiento	20230,77	30346,155	50,00%
Precio Promedio	0,82	0,82	0,00%
Ingresos	16589,23	24883,85	50,00%
Margen bruto	6,182.15	14,230.74	130.00%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 9 se observa que, el rendimiento promedio de las parcelas de papa asciende a 20.23 t/h, generando un ingreso para el productor de S/ 16,589.23. Considerando un costo promedio de S/10,407.08, el margen bruto del agricultor será de S/ 6,182.15. En cambio, con la papa cisgénica, el rendimiento asciende a 30346,15 kg/h, y el ingreso asciende a S/24,883.85. El margen del productor de papa blanca se incrementa a S/14,230.74, un 130 por ciento más que el obtenido con la semilla de papa convencional.

### 3.5.2. Escenarios con el método probabilístico

**Tabla 10. Costos de producción de Papa convencional y Papa Cisgénica**

Rubros	Costos de producción papa		
	Convencional	Cisgénica	Variaciones Esperadas
Semilla	2776,04	3886,46	40,00%
Fertilizantes	1971,03	1971,03	0,00%
Insecticidas	696,90	348,45	-50,00%
Fungicidas	923,69	230,92	-75,00%
Herbicidas	80,00	80,00	0,00%
Adherentes	216,36	216,36	0,00%
Mano de obra + Mecaniz	2546,98	2546,98	0,00%
Otros gastos	1719,63	1719,63	0,00%
Total costos indirectos	1455,52	1455,52	0,00%
Costo total de producción	12386,14	12455,34	0,56%
Rendimiento	23333,33	35000,00	50,00%
Precio Promedio	0,95	0,95	0,00%
Ingresos	22166,67	33250,00	50,00%
Margen bruto	9780,53	20794,66	112,61%

Fuente: Elaboración Propia

Nótese que, a pesar de partir de los mismos costos de producción en cada región, los resultados son diferentes que con el método determinístico. El rendimiento promedio esperado con semilla convencional es de 23.33 t/ha, asociado a un costo de producción esperado de S/. 12,386.14 por hectárea, con precio en chacra promedio esperado de S/ 0.95 por kg, el ingreso esperado por hectárea llega a S/ 22,166.67 y el margen bruto de utilidad esperada es de S/ 9,780.53.

El rendimiento promedio esperado con papa cisgénica es 35.00 t/ha, asociado a un costo de producción esperado de S/12,455.34 por hectárea, con el precio en chacra de S/0.95 por kg, se tiene un ingreso esperado de S/ 33,250 con un margen bruto esperado de S/. 20,794.66.

El incremento de rendimiento con la semilla certificada respecto al rendimiento esperado con semilla actual es de 26.94 por ciento y el margen bruto es de 94.16 por ciento, puesto que los costos de producción aumentan únicamente en un 0.56 por ciento, lo que aumenta considerablemente la utilidad para el productor (112.61 por ciento).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE SEMILLAS CISGÉNICAS

#### 4.1.1. Evaluación a corto plazo

##### a. Análisis probabilístico.

Según la Figura 4, el beneficio costo marginal de la semilla cisgénica de papa por hectárea es positivo en 100 por ciento de los escenarios con un valor medio de 1.31 y un máximo de 1.46. Lo interesante es que el valor mínimo es de 1.03. Es decir, en el peor de los escenarios el productor de papa gana 3 centavos por cada sol invertido en la nueva tecnología.

#### 4.1.2. Comparación de resultados determinísticos y probabilísticos de corto plazo, empleando el beneficio-costo marginal

##### a. Probabilístico

La evaluación de eficiencia de una innovación tecnológica en el corto plazo se puede realizar obteniendo el índice de beneficio costo marginal. En la Tabla 11 se presentan los índices obtenidos en entorno probabilístico.

**Tabla 11. Índices de beneficio–costo marginal**

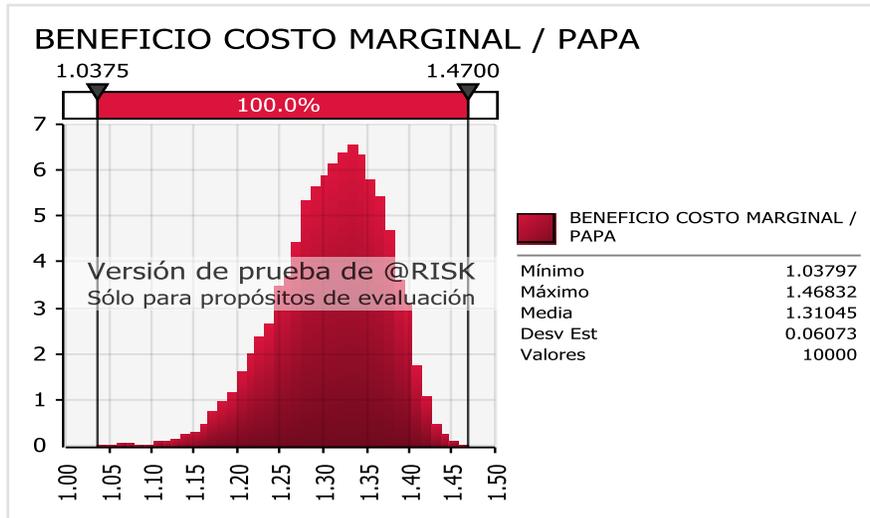
<b>Concepto</b>	<b>Ítem</b>	<b>Probabilístico</b>
	Ingreso abandonado (semilla convencional)	22,166.67
Costos	Costos con la semilla (papa GM)	12,455.34
	Total de Costos	34,622.01
	Costos abandonados (semilla convencional)	12,386.14
Beneficios	Ingresos con la semilla (papa GM)	33,250.00
	Total de Beneficios	45,636.14
<b>Coefficiente Beneficio Costo Marginal</b>		<b>1.31</b>

**Tabla 12. Incremento de margen bruto con semilla cisgénica**

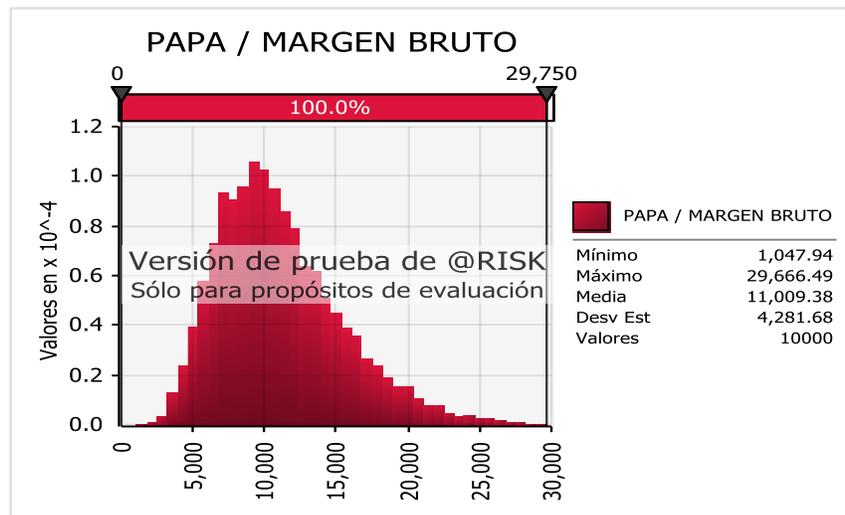
---

Incremento del margen bruto S/	S/ 11,009.38
-----------------------------------	--------------

---



**Figura 4. Índice de beneficio costo marginal del cultivo de Papa**



**Figura 5. Incremento del Margen Bruto en soles del cultivo de Papa**

Según la Figura 5, el incremento de margen de utilidad en soles por hectárea de papa es positivo en 100 por ciento de los escenarios con un valor medio de S/ 11,009.38 y un máximo de S/ 29,666.49.

#### **b. Determinístico**

Los beneficios promedio del uso de papa cisgénica: 1) Los ingresos promedio por usar papa cisgénica, un promedio de S/. 24,742.79 y 2) Los costos abandonados porque ya no se usa la semilla convencional que ascienden a S/. 10,455.33. donde el beneficio promedio total de la semilla genéticamente modificada asciende a S/. 35,199.12. Los costos promedio de la semilla genéticamente modificada son 1) Los ingresos promedio con la semilla convencional que asciende a S/. 16,495.86, y 2) Los costos promedio por el uso de semilla genéticamente modificada que ascienden a S/. 10,752.02. Entonces, los costos promedio totales por la semilla ascienden a S/. 27,247.88. El coeficiente de beneficio/costo marginal (Tabla 13) que arroja un valor de 1.29, es decir, con 1 sol invertido en semilla genéticamente modificada el agricultor tendrá 29 centavos de ingreso adicional.

**Tabla 13. Índice de beneficio–costo marginal determinístico**

<b>Concepto</b>	<b>Ítem</b>	<b>Probabilístico</b>
	Ingreso abandonado (semilla convencional)	16,495.86
Costos	Costos con la semilla (papa GM)	10,752.02
	Total de Costos	27,247.88
	Costos abandonados (semilla convencional)	10,455.33
Beneficios	Ingresos con la semilla (papa GM)	24,742.79
	Total de Beneficios	35,199.12
<b>Coefficiente Beneficio Costo Marginal</b>		<b>1.29</b>

**Tabla 14. Incremento de margen con semilla cisgénica de Papa**

Incremento del margen bruto S/	S/ 7,951.24
-----------------------------------	-------------

El uso de una semilla genéticamente modificada con mayor rendimiento, tendría incrementos en el margen de utilidad del cultivo de papa blanca (Tabla 14).

#### **4.1.3. Evaluación de largo plazo con el método del cambio de excedentes de Alston *et al.* (1995)**

##### **a. Evaluación probabilística**

Para la evaluación de largo plazo, es necesario considerar los siguientes supuestos:

- Las elasticidades de demanda (-0.42) y de oferta (0.206) de papa se toman de Echevarría (2014).
- Respecto a los costos de inversión en adaptación de la semilla de papa cisgénica con resistencia a insectos y racha, con cualidades adicionales como la resistencia a la abrasión, y reducción de asparragina para que libere menos acrilamida en la cocción a altas temperaturas, aplicando material genético de papas silvestres: Según los expertos el costo podría estar entre medio millón de dólares o 5 millones de dólares. El resultado probable sería inferior a 3 millones de dólares.
- Se considera una tasa de adopción creciente, en el primer año adoptan la nueva semilla, el 2.8 por ciento de los agricultores (los más arriesgados innovadores), el segundo año se agregan 13.2 por ciento de productores (los seguidores más emprendedores) llegando a 16 por ciento, el tercer año se estaría llegando a un total de 50 por ciento de los productores con la incorporación de 34 por ciento de los agricultores y el cuarto año se llegaría a un tope de 80 por ciento. No se considera mayor crecimiento por el surgimiento y adopción de otras alternativas.
- No se considera depreciación de la tecnología ni crecimiento externo.
- Se considera como cantidad de partida, la producción nacional de papa según Minagri en el año 2018: 5,121,110 toneladas.
- El precio de la papa en chacra por tonelada: 790.00 soles
- La probabilidad de éxito de la semilla: 75 por ciento

**Tabla 15. Elasticidades y cambios en costos por la nueva tecnología**

<b>Año</b>	<b>Elasticidad de la Demanda (Columna 1)</b>	<b>Elasticidad de la Oferta (Columna 2)</b>	<b>Cambio Rendimiento (Columna 3)</b>	<b>Cambios Equivalente Rendimiento (Columna 4)</b>	<b>Cambios Costos Insumos (Columna 5)</b>
<b>2021</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.00633
<b>2022</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.00633
<b>2023</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.00633
<b>2024</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.00633
<b>2025</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.00633
<b>2026</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.00633
<b>2027</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.00633
<b>2028</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.00633
<b>2029</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.00633
<b>2030</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.00633
<b>2031</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.00633
<b>2032</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.00633
<b>2033</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.00633
<b>2034</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.00633
<b>2035</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.00633
<b>2036</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.00633

**Tabla 16. Cambio equivalente y cambio neto en costos, probabilidad de éxito, tasa de adopción y tasa de depreciación, Kmax y Z por la nueva tecnología**

<b>Año</b>	<b>Cambio Equivalente Costos (Columna 6)</b>	<b>Cambio neto costos Insumos (K potencial) (Columna 7)</b>	<b>Probabilidad de éxito (Columna 8)</b>	<b>Tasa de adopción (Columna 9)</b>	<b>Tasa depreciación (Columna 10)</b>	<b>Kmax (Columna 11)</b>	<b>Z (Columna 12)</b>
<b>2021</b>	0.00422	2.42296	0.75	0.028	1	0.05088	0.01674
<b>2022</b>	0.00422	2.42296	0.75	0.16	1	0.29076	0.09568
<b>2023</b>	0.00422	2.42296	0.75	0.5	1	0.90861	0.29899
<b>2024</b>	0.00422	2.42296	0.75	0.8	1	1.45378	0.47839
<b>2025</b>	0.00422	2.42296	0.75	0.8	1	1.45378	0.47839
<b>2026</b>	0.00422	2.42296	0.75	0.8	1	1.45378	0.47839
<b>2027</b>	0.00422	2.42296	0.75	0.8	1	1.45378	0.47839
<b>2028</b>	0.00422	2.42296	0.75	0.8	1	1.45378	0.47839
<b>2029</b>	0.00422	2.42296	0.75	0.8	1	1.45378	0.47839
<b>2030</b>	0.00422	2.42296	0.75	0.8	1	1.45378	0.47839
<b>2031</b>	0.00422	2.42296	0.75	0.8	1	1.45378	0.47839
<b>2032</b>	0.00422	2.42296	0.75	0.8	1	1.45378	0.47839
<b>2033</b>	0.00422	2.42296	0.75	0.8	1	1.45378	0.47839
<b>2034</b>	0.00422	2.42296	0.75	0.8	1	1.45378	0.47839
<b>2035</b>	0.00422	2.42296	0.75	0.8	1	1.45378	0.47839
<b>2036</b>	0.00422	2.42296	0.75	0.8	1	1.45378	0.47839

**Tabla 17. Precio, tasa externa de crecimiento, cantidad, cambio de excedentes de productor, consumidor y total**

<b>Año</b>	<b>Precio (Columna 13)</b>	<b>Cantidad (Columna 14)</b>	<b>Cambio Excedente Productor (Columna 15)</b>	<b>Cambio Excedente Consumidor (Columna 16)</b>	<b>Cambio Excedente total (Columna 17)</b>
<b>2021</b>	790.00	5,121,110	138,595,943.79	67,978,991.48	206,576,935.27
<b>2022</b>	790.00	5,121,110	805,070,687.03	394,868,003.64	1,199,938,690.67
<b>2023</b>	790.00	5,121,110	2,621,149,602.20	1,285,611,471.55	3,906,761,073.75
<b>2024</b>	790.00	5,121,110	4,342,503,417.95	2,129,894,533.57	6,472,397,951.51
<b>2025</b>	790.00	5,121,110	4,342,503,417.95	2,129,894,533.57	6,472,397,951.51
<b>2026</b>	790.00	5,121,110	4,342,503,417.95	2,129,894,533.57	6,472,397,951.51
<b>2027</b>	790.00	5,121,110	4,342,503,417.95	2,129,894,533.57	6,472,397,951.51
<b>2028</b>	790.00	5,121,110	4,342,503,417.95	2,129,894,533.57	6,472,397,951.51
<b>2029</b>	790.00	5,121,110	4,342,503,417.95	2,129,894,533.57	6,472,397,951.51
<b>2030</b>	790.00	5,121,110	4,342,503,417.95	2,129,894,533.57	6,472,397,951.51
<b>2031</b>	790.00	5,121,110	4,342,503,417.95	2,129,894,533.57	6,472,397,951.51
<b>2032</b>	790.00	5,121,110	4,342,503,417.95	2,129,894,533.57	6,472,397,951.51
<b>2033</b>	790.00	5,121,110	4,342,503,417.95	2,129,894,533.57	6,472,397,951.51
<b>2034</b>	790.00	5,121,110	4,342,503,417.95	2,129,894,533.57	6,472,397,951.51
<b>2035</b>	790.00	5,121,110	4,342,503,417.95	2,129,894,533.57	6,472,397,951.51
<b>2036</b>	790.00	5,121,110	4,342,503,417.95	2,129,894,533.57	6,472,397,951.51

**Tabla 18. Inversión en Investigación, Inversión en Transferencia y Beneficios Netos**

<b>Año</b>	<b>Costos Investigación (Nuevos Soles) (Columna 18)</b>	<b>Costos Transferencia (Nuevos Soles) (Columna 19)</b>	<b>Beneficios Netos (Nuevos Soles) (Columna 20)</b>
<b>2020</b>	9,047,500.00		- 9,047,500.00
<b>2021</b>		1,809,500.00	204,767,435.27
<b>2022</b>		1,809,500.00	1,198,129,190.67
<b>2023</b>		1,809,500.00	3,904,951,573.75
<b>2024</b>		1,809,500.00	6,470,588,451.51
<b>2025</b>			6,472,397,951.51
<b>2026</b>			6,472,397,951.51
<b>2027</b>			6,472,397,951.51
<b>2028</b>			6,472,397,951.51
<b>2029</b>			6,472,397,951.51
<b>2030</b>			6,472,397,951.51
<b>2031</b>			6,472,397,951.51
<b>2032</b>			6,472,397,951.51
<b>2033</b>			6,472,397,951.51
<b>2034</b>			6,472,397,951.51
<b>2035</b>			6,472,397,951.51
<b>2036</b>			6,472,397,951.51

Fuente: Elaboración Propia

Al proyectar los parámetros básicos con el software @Risk, se realiza la simulación de Montecarlo y se obtienen los excedentes del productor, del consumidor, excedente social y beneficios netos. Los consumidores se ven beneficiados, se observa en la Tabla 17 donde el cambio de excedente del consumidor, presenta un incremento esperado de 67.978 millones de soles a 2,129.894 millones de soles en el último año, con el máximo de adopción de 80 por ciento. A largo plazo, la semilla cisgénica de papa blanca hará que los cambios en excedentes para la sociedad esperados crezcan hasta 6,472.397 millones de soles, los cuales se distribuirán entre los productores (4,342.503 millones de soles) y los consumidores (2,129.894 millones de soles).

#### **b. Evaluación determinística**

Para la evaluación de largo plazo, es necesario considerar los siguientes supuestos:

- Las elasticidades de demanda (-0.42) y de oferta (0.206) de papa tomadas de Echevarría (2014).
- Respecto a los costos de inversión en adaptación de la semilla de papa cisgénica con resistencia a insectos y racha, con cualidades adicionales como la resistencia a la abrasión, y reducción de asparragina para que libere menos acrilamida en la cocción a altas temperaturas, aplicando material genético de papas silvestres: Según los expertos el costo podría estar entre medio millón de dólares o 5 millones de dólares. El resultado probable sería inferior a 3 millones de dólares.
- Se considera una tasa de adopción creciente, en el primer año adoptan la nueva semilla, el 2.8 por ciento de los agricultores (los más arriesgados innovadores), el segundo año se agregan 13.2 por ciento de productores (los seguidores más emprendedores) llegando a 16 por ciento, el tercer año se estaría llegando a un total de 50 por ciento de los productores con la incorporación de 34 por ciento de los agricultores y el cuarto año se llegaría a un tope de 80 por ciento. No se considera mayor crecimiento por el surgimiento y adopción de otras alternativas.
- No se considera depreciación de la tecnología ni crecimiento externo.
- Se considera como cantidad de partida, la producción nacional de papa según Minagri en el año 2018: 5,121,110 toneladas.
- El precio de la papa por tonelada: 790.00 soles
- La probabilidad de éxito de la semilla: 75 por ciento

**Tabla 19. Elasticidades y cambios en costos con la nueva tecnología**

<b>Año</b>	<b>Elasticidad de la Demanda (Columna 1)</b>	<b>Elasticidad de la Oferta (Columna 2)</b>	<b>Cambio Rendimiento (Columna 3)</b>	<b>Cambios Equivalente Rendimiento (Columna 4)</b>	<b>Cambios Costos Insumos (Columna 5)</b>	<b>Cambio Equivalente Costos (Columna 6)</b>
<b>2021</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.03125	0.020836
<b>2022</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.03125	0.020836
<b>2023</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.03125	0.020836
<b>2024</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.03125	0.020836
<b>2025</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.03125	0.020836
<b>2026</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.03125	0.020836
<b>2027</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.03125	0.020836
<b>2028</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.03125	0.020836
<b>2029</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.03125	0.020836
<b>2030</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.03125	0.020836
<b>2031</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.03125	0.020836
<b>2032</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.03125	0.020836
<b>2033</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.03125	0.020836
<b>2034</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.03125	0.020836
<b>2035</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.03125	0.020836
<b>2036</b>	0.42	0.206	0.50	2.42718	0.03125	0.020836

**Tabla 20. Cambio neto en costo de insumos, probabilidad de éxito, tasa de adopción, tasa de depreciación, Kmax y Z**

<b>Año</b>	<b>Cambio neto costos Insumos (K potencial) (Columna 7)</b>	<b>Probabilidad de éxito (Columna 8)</b>	<b>Tasa de adopción (Columna 9)</b>	<b>Tasa depreciación (Columna 10)</b>	<b>Kmax (Columna 11)</b>	<b>Z (Columna 12)</b>
<b>2021</b>	2.40635	0.75	0.028	1	0.05053	0.01663
<b>2022</b>	2.40635	0.75	0.16	1	0.28876	0.09502
<b>2023</b>	2.40635	0.75	0.5	1	0.90238	0.29695
<b>2024</b>	2.40635	0.75	0.8	1	1.44381	0.47512
<b>2025</b>	2.40635	0.75	0.8	1	1.44381	0.47512
<b>2026</b>	2.40635	0.75	0.8	1	1.44381	0.47512
<b>2027</b>	2.40635	0.75	0.8	1	1.44381	0.47512
<b>2028</b>	2.40635	0.75	0.8	1	1.44381	0.47512
<b>2029</b>	2.40635	0.75	0.8	1	1.44381	0.47512
<b>2030</b>	2.40635	0.75	0.8	1	1.44381	0.47512
<b>2031</b>	2.40635	0.75	0.8	1	1.44381	0.47512
<b>2032</b>	2.40635	0.75	0.8	1	1.44381	0.47512
<b>2033</b>	2.40635	0.75	0.8	1	1.44381	0.47512
<b>2034</b>	2.40635	0.75	0.8	1	1.44381	0.47512
<b>2035</b>	2.40635	0.75	0.8	1	1.44381	0.47512
<b>2036</b>	2.40635	0.75	0.8	1	1.44381	0.47512

**Tabla 21. Precio, tasa externa de crecimiento, cantidad, cambio de excedente de productor, cambio de excedente de consumidor y cambio en excedente total**

<b>Año</b>	<b>Precio (Columna 13)</b>	<b>Tasa externa de crecimiento (Columna 14)</b>	<b>Cantidad (Columna 15)</b>	<b>Cambio Excedente Productor (Columna 16)</b>	<b>Cambio Excedente Consumidor (Columna 17)</b>	<b>Cambio Excedente total (Columna 18)</b>
<b>2021</b>	790.00	0	5,121,110	137,644,170.66	67,511,188.47	205,155,359.13
<b>2022</b>	790.00	0	5,121,110	799,441,738.79	392,107,138.55	1,191,548,877.34
<b>2023</b>	790.00	0	5,121,110	2,602,119,804.98	1,276,277,809.11	3,878,397,614.09
<b>2024</b>	790.00	0	5,121,110	4,310,023,741.50	2,113,964,025.59	6,423,987,767.10
<b>2025</b>	790.00	0	5,121,110	4,310,023,741.50	2,113,964,025.59	6,423,987,767.10
<b>2026</b>	790.00	0	5,121,110	4,310,023,741.50	2,113,964,025.59	6,423,987,767.10
<b>2027</b>	790.00	0	5,121,110	4,310,023,741.50	2,113,964,025.59	6,423,987,767.10
<b>2028</b>	790.00	0	5,121,110	4,310,023,741.50	2,113,964,025.59	6,423,987,767.10
<b>2029</b>	790.00	0	5,121,110	4,310,023,741.50	2,113,964,025.59	6,423,987,767.10
<b>2030</b>	790.00	0	5,121,110	4,310,023,741.50	2,113,964,025.59	6,423,987,767.10
<b>2031</b>	790.00	0	5,121,110	4,310,023,741.50	2,113,964,025.59	6,423,987,767.10
<b>2032</b>	790.00	0	5,121,110	4,310,023,741.50	2,113,964,025.59	6,423,987,767.10
<b>2033</b>	790.00	0	5,121,110	4,310,023,741.50	2,113,964,025.59	6,423,987,767.10
<b>2034</b>	790.00	0	5,121,110	4,310,023,741.50	2,113,964,025.59	6,423,987,767.10
<b>2035</b>	790.00	0	5,121,110	4,310,023,741.50	2,113,964,025.59	6,423,987,767.10
<b>2036</b>	790.00	0	5,121,110	4,310,023,741.50	2,113,964,025.59	6,423,987,767.10

Se realiza la simulación de Montecarlo con los parámetros básicos y se obtienen los excedentes del productor, del consumidor, excedente social y beneficios netos. Los consumidores se ven beneficiados, se observa en la Tabla 21, cambio de excedente del consumidor, presenta un incremento en sus excedentes de 67.511 millones de soles a 2,113.964 millones de soles en el último año, con el máximo de adopción de 80%.

**Tabla 22. Inversión en Investigación, Inversión en Transferencia de Tecnología y Beneficios Netos**

<b>Año</b>	<b>Inversión en Investigación (Columna 18)</b>	<b>Inversión en Transferencia (Columna 19)</b>	<b>Beneficios Netos (Columna 20)</b>
<b>2020</b>	9,047,500.00		- 9,047,500.00
<b>2021</b>		1,809,500.00	203,345,859.13
<b>2022</b>		1,809,500.00	1,189,739,377.34
<b>2023</b>		1,809,500.00	3,876,588,114.09
<b>2024</b>		1,809,500.00	6,422,178,267.10
<b>2025</b>			6,423,987,767.10
<b>2026</b>			6,423,987,767.10
<b>2027</b>			6,423,987,767.10
<b>2028</b>			6,423,987,767.10
<b>2029</b>			6,423,987,767.10
<b>2030</b>			6,423,987,767.10
<b>2031</b>			6,423,987,767.10
<b>2032</b>			6,423,987,767.10
<b>2033</b>			6,423,987,767.10
<b>2034</b>			6,423,987,767.10
<b>2035</b>			6,423,987,767.10
<b>2036</b>			6,423,987,767.10

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.4. Obtención del Valor Actual Neto y Tasa Interna De Retorno considerando la inversión con la nueva tecnología.

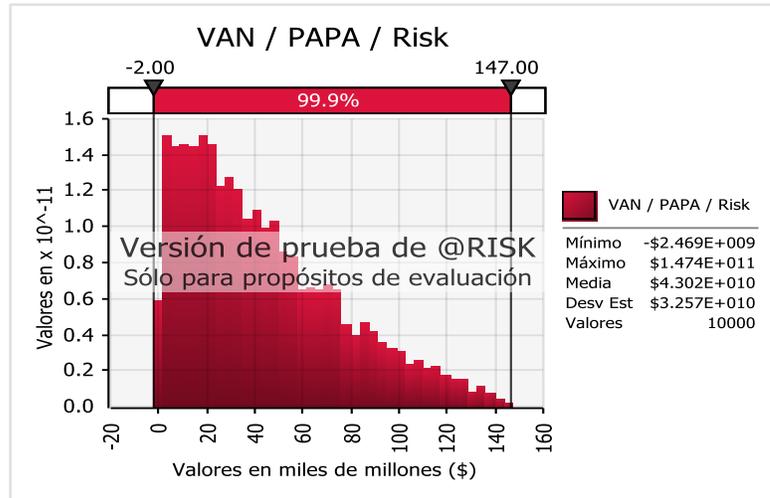
##### a. Evaluación probabilística

**Tabla 23. Cambio de excedentes probabilísticos con papa cisgénica**

<b>Impactos económicos</b>	<b>Valores (Millones S/)</b>
Valor Actual Neto (TSD 9%) (16 años)	S/. 43,022
Valor Actual Neto (TSD 20%) (16 años)	S/. 20,079
Tasa Interna de Retorno (16 años)	S/. 3654%
Cambio de Excedente de Consumidor (16 años)	S/. 14,102
Cambio de Excedente de Productor (16 años)	S/. 28,811
Cambio de Excedente Social (16 años)	S/. 42,700

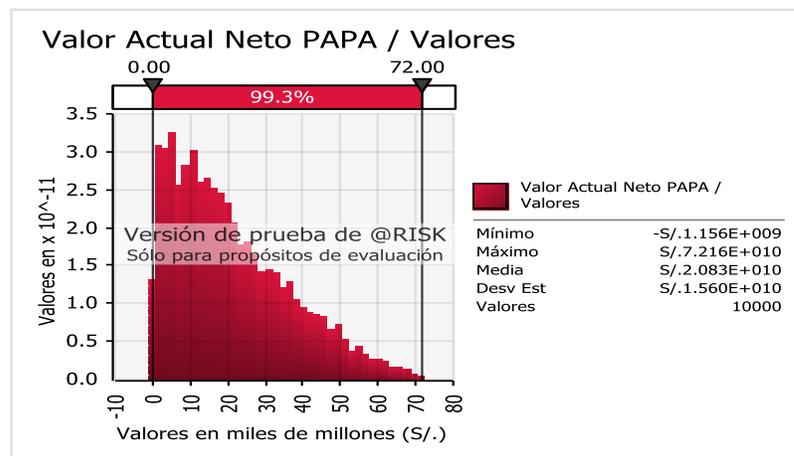
En la Figura 6, se ve que la inversión es rentable a nivel gubernamental, pues se obtiene el Valor Actual Neto Esperado Medio de los Beneficios de la inversión pública que supera los 43,022 millones de soles con una tasa de descuento de 9%.

Además, se observa un mínimo de -2,468 millones de soles y un máximo de 147.4 billones de soles.



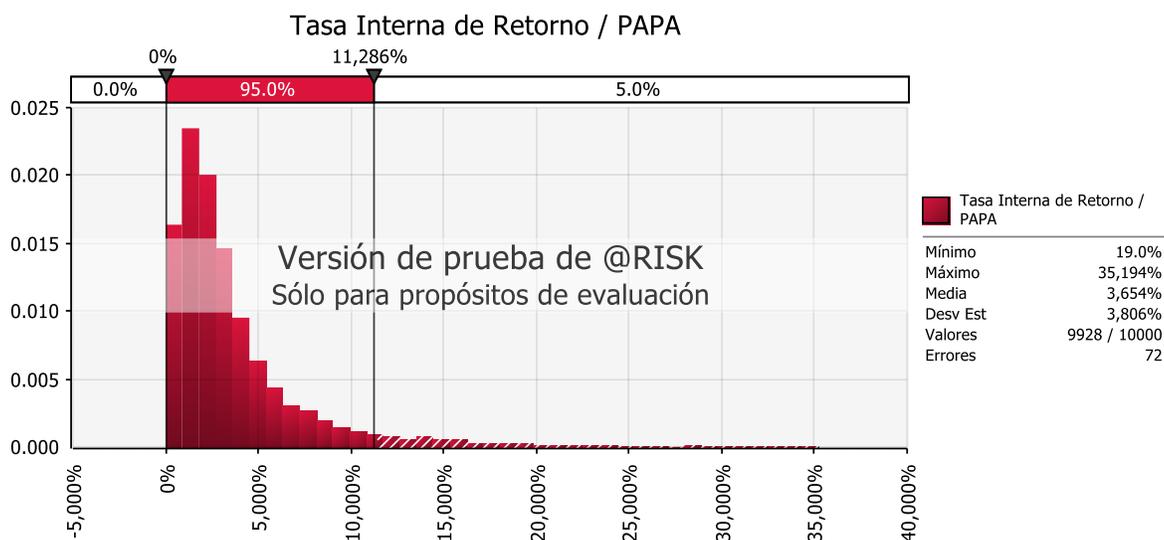
**Figura 6.** Valor Actual Neto de la Papa Cisgénica (TSD 9%)

En la Figura 7 se muestra el Valor Actual Neto esperado de una hipotética Tasa de Descuento Social de 20 por ciento en la que se observa un 99.3 por ciento de los escenarios positivos, donde el VAN promedio esperado es de 20,829 millones de soles además se observa un 0.7 por ciento de escenarios negativos donde el VAN mínimo esperado es de -1,156 millones de soles. Esto en caso de que la Tasa de descuento se incremente debido, por ejemplo, a un incremento del riesgo del país o algún otro factor nacional o internacional.



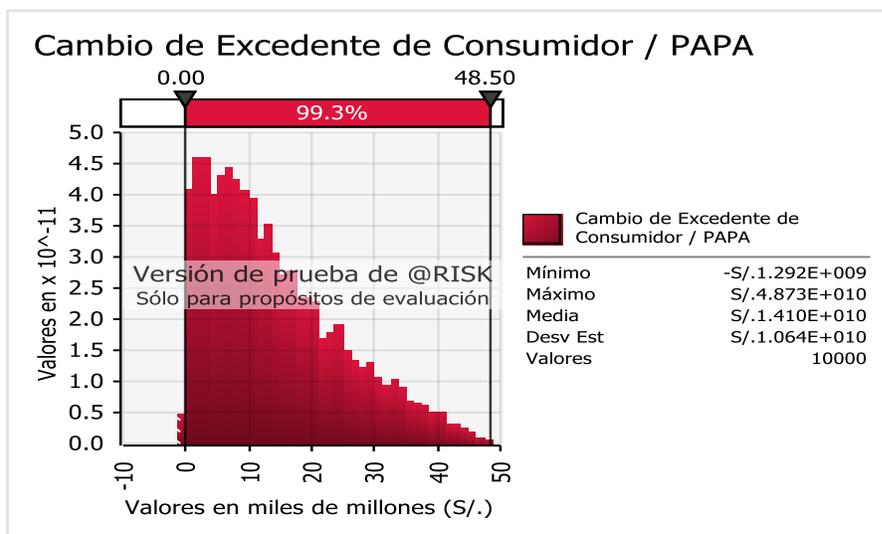
**Figura 7.** Valor Actual Neto de la Papa Cisgénica (TSD 20%)

En la Figura 8, se demuestra la rentabilidad de la inversión pública mediante la Tasa Interna de Retorno esperada la cual se aproxima a 3,654% con un 100% de escenarios positivos, donde la TIR mínima esperada es de 19% y la máxima es de 35,194%. Además, la TIR esperada promedio supera el 9% de la tasa social de descuento.



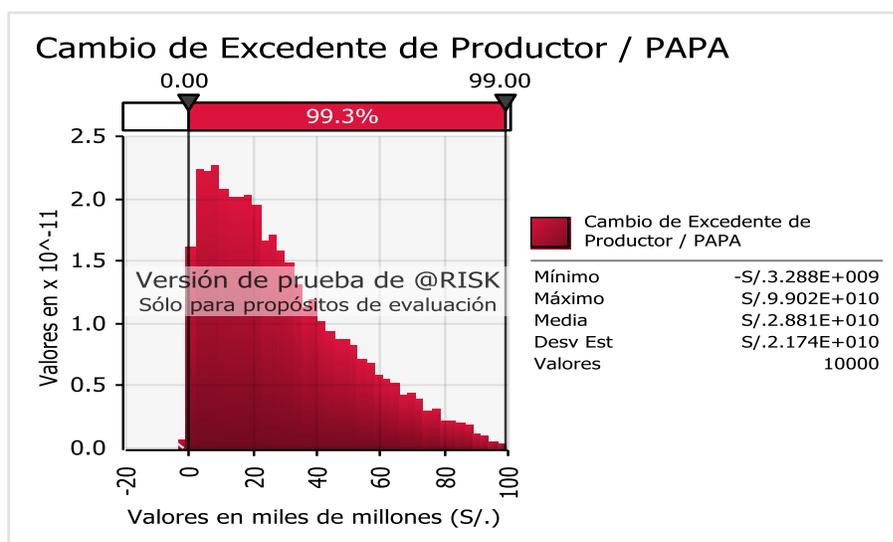
**Figura 8.** Tasa Interna de Retorno de la Papa Cisgénica

En la Figura 9, se observa que el excedente del consumidor esperado es positivo en el 99.3 por ciento de los escenarios, de lo que se puede deducir que es conveniente el uso de la semilla de papa cisgénica, puesto que aumentará el excedente de los consumidores en un promedio esperado de 14,102 millones de soles, con un máximo de 48,730 millones de soles. En el 0.7 por ciento de los escenarios negativos se observa una pérdida máxima de -1,292 millones de soles.



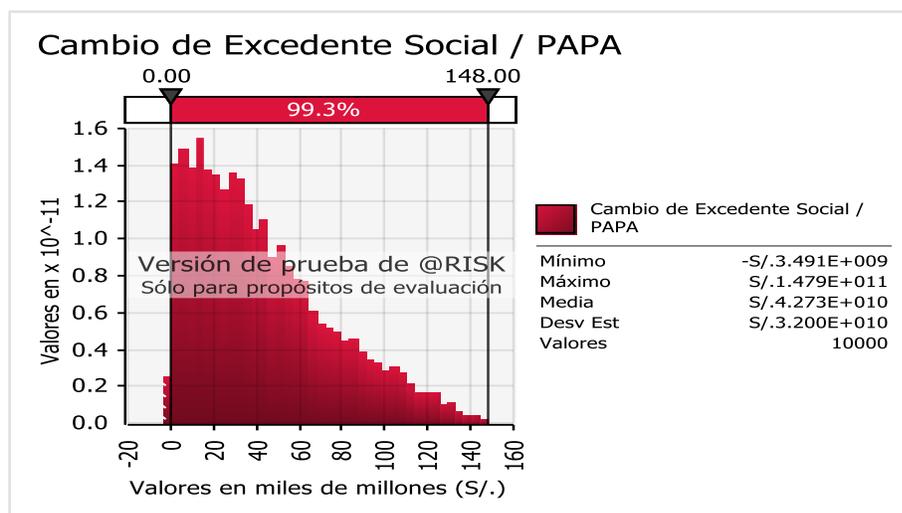
**Figura 9.** Cambio del Excedente de Consumidor del cultivo de Papa Cisgénica

En la Figura 10, se observa que el excedente del productor esperado es positivo en el 99.3 por ciento de los escenarios, de lo que se puede deducir que es conveniente el uso de la semilla de papa cisgénica, dado que aumentará el excedente de los productores en un promedio esperado de 28,811 millones de soles, con un máximo de 99,022 millones. En el 0.7 por ciento de los escenarios negativos se observa una pérdida máxima esperada de -3,287 millones de soles.



**Figura 10.** Cambio del Excedente de Productor del cultivo de Papa Cisgénica

En la Figura 11 se observa que el cambio del excedente social esperado es positivo en un 99.3 por ciento con un valor medio de 42,7 mil millones de soles, y un máximo de 147,9 mil millones de soles, lo que significa que los beneficios aumentan con el uso de semilla certificada de papa blanca tanto para los productores como para los consumidores. En el 0.7 por ciento de los escenarios negativos esperado se tiene una reducción máxima del excedente social de -3,490 millones de soles. Los cambios en excedentes sociales de los productores y de los consumidores, significan mejora de los niveles de bienestar de consumidores, productores y sociedad en su conjunto.



**Figura 11.** Cambio del Excedente de Consumidor del cultivo de Papa Cisgénica

### b. Evaluación determinística

Al evaluar la rentabilidad de la inversión en generación y difusión de la papa cisgénica se obtiene el Valor Actual Neto de los Beneficios de la inversión pública que bordea los 41,309 millones de soles con una tasa de descuento de 9%, y bordea los 20,079 millones de soles al colocar una tasa de descuento de 20%. Se demuestra la rentabilidad de la inversión pública mediante la Tasa Interna de Retorno la cual bordea el 2,680%, donde la TIR promedio supera el 9% de la tasa social de descuento.

**Tabla 24. Resultados del modelo de cambio de excedentes determinísticos con papa cisgénica**

<b>Impactos económicos</b>	<b>Valores (Millones S/)</b>
Valor Actual Neto (TSD 9%) (16 años)	S/. 41,309
Valor Actual Neto (TSD 20%) (16 años)	S/. 20,079
Tasa Interna de Retorno (16 años)	2680%
Cambio de Excedente de Consumidor (16 años)	S/. 13,598
Cambio de Excedente de Productor (16 años)	S/. 27,725
Cambio de Excedente Social (16 años)	S/. 41,324

En el estudio realizado, se pudieron encontrar tanto las probabilidades de ocurrencia, en escenarios positivos (con ganancias) y negativos (con pérdidas) del cultivo de papa blanca.

Asimismo, los valores esperados máximos, mínimos y medios de la eficiencia técnica de los cultivos (medido en incremento de margen de utilidad), bienestar social (Excedentes del consumidor, productor y social), y beneficios económicos (valor actual neto y tasa interna de retorno), relacionados al cambio de una semilla convencional a una semilla genéticamente modificada por biotecnología. Por tanto, el incremento en la rentabilidad de los agricultores del Perú, tanto en términos económicos como en términos de bienestar, en las diversas regiones productoras de papa, debido a la liberación de una semilla genéticamente modificada por biotecnología, se evidenciaría en una forma más eficiente con metodologías probabilísticas, pues incorporan elementos de riesgo y brindarían un rango de posibles costos y beneficios de la liberación de semillas de productos genéticamente modificados en la agricultura peruana, superando a las metodologías determinísticas que dan valores fijos y no proporcionan márgenes de riesgo.

#### 4.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS METODOLOGÍAS EMPLEADAS

**Tabla 25. Índices de beneficio-costo marginal**

Concepto	Ítem		Determinístico	Probabilístico
Costos	Ingreso abandonado (semilla convencional)		16,589.23	22,166.67
	Costos con la semilla (papa GM)		10,653.10	12,455.34
	Total de Costos		27,242.33	34,622.01
Beneficios	Costos abandonados (semilla convencional)		10,407.08	12,386.14
	Ingresos con la semilla (papa GM)		24,883.85	33,250.00
	Total de Beneficios		35,290.93	45,636.14
<b>Coefficiente Beneficio Costo Marginal</b>			<b>1.29</b>	<b>1.31</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 26. Robustez de las metodologías – Incremento de margen de utilidad**

Cultivo	Metodologías	
	Determinístico	Probabilística
Papa	S/ 7,951.24	Positivo: 100%
		Máximo: S/ 29,666.49
		Medio: S/ 11,009.38

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 27. Incremento del margen bruto por hectárea**

	<b>Determinístico</b>	<b>Probabilístico</b>
Incremento del margen bruto S/	7,951.24	11,009.38
Incremento del margen bruto %	130.19%	112.61%

Fuente: Elaboración propia

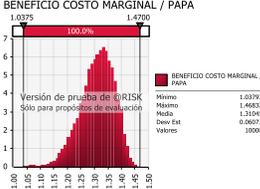
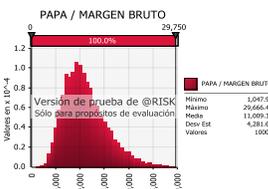
El uso de una semilla genéticamente modificada con mayor rendimiento, tendría incrementos en el margen de utilidad del cultivo de Papa Blanca. En la metodología determinística se muestran siempre incrementos de margen de utilidad positivos, sin embargo, al hacer uso de la metodología probabilística, se muestra un valor de pérdida máximo de S/ 421.25 soles, lo cual confirma que en algunos escenarios no siempre se obtendrán ganancias, por el contrario, diversos factores externos pueden generar pérdidas.

#### **4.3. COMPARACIÓN DE ROBUSTEZ DE LAS METODOLOGÍAS EN EL ANÁLISIS DEL IMPACTO EN EL BIENESTAR DE LOS PRODUCTORES, CONSUMIDORES Y SOCIEDAD**

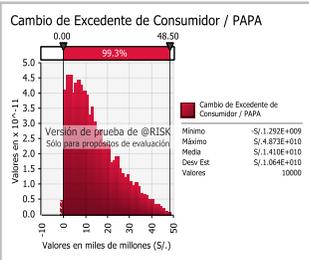
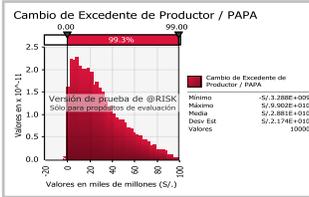
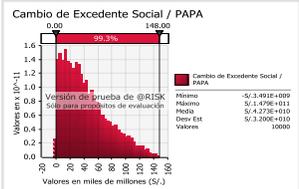
##### **Análisis de corto plazo**

La evaluación de eficiencia de una innovación tecnológica en el corto plazo se puede realizar obteniendo el índice de Beneficio Costo Marginal. En la Tabla 28 se presentan los índices obtenidos en entorno determinístico y probabilístico.

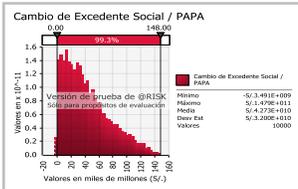
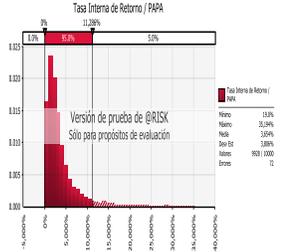
**Tabla 28. Análisis de los resultados de la evaluación determinística y probabilística**

<b>Conceptos</b>		<b>Probabilístico</b>	<b>Determinístico</b>
<b>Valores hallados del Beneficio Costo Marginal</b>	Valores	Muchos	Único
	Escenarios negativos	Se halla 0%	No calculados
	Escenarios positivos	Se halla 100%	Asume 100%
	Mínimo	1.04	
	Medio	1.31	1.29
	Máximo	1.47	
	Distribución de probabilidad		No obtiene
<b>Valores hallados del Margen Bruto</b>	Valores	Muchos	Único
	Mínimo	1,047.94	
	Medio	11,009.38	11,041.13
	Máximo	34,666.49	
	Escenarios negativos	Se halla 0%	No calculados
	Escenarios positivos	Se halla 100%	Asume 100%
	Distribución de probabilidad		No

**Tabla 29. Análisis de los resultados de la evaluación determinística y probabilística de los excedentes**

<b>Conceptos</b>		<b>Probabilística</b>	<b>Determinística</b>
	Valores	Muchos	Uno
<b>Valores hallados del Cambio de Excedente del Consumidor</b>	Escenarios negativos	0.70%	
	Escenarios positivos	99.30%	100%
	Valor mínimo	-1,292	
	Valor medio	14,102	13,598
	Valor máximo	48,730	
	Distribución de probabilidad		No se obtiene
<b>Valores hallados del Cambio de Excedente del Productor</b>	Escenarios negativos	0.70%	
	Escenarios positivos	99.30%	
	Valor mínimo	-3,287	
	Valor medio	28,811	27,725
	Valor máximo	99,022	
	Distribución de probabilidad		No se obtiene
<b>Valores hallados del Cambio de Excedente del Productor</b>	Escenarios negativos	0.70%	
	Escenarios positivos	99.30%	
	Valor mínimo	-3,490	
	Valor medio	42,731	41,324
	Valor máximo	147,910	
	Distribución de probabilidad		No se obtiene

**Tabla 30. Análisis de los resultados de la evaluación determinística y probabilística de los indicadores de rentabilidad**

Conceptos	Probabilístico	Determinístico	
<b>Valores hallados del Valor Actual Neto</b>	Escenarios negativos	0.10%	
	Escenarios positivos	99.90%	
	Valor mínimo	-2,469	41,309
	Valor medio	43,022	
	Valor máximo	147,400	
	Distribución de probabilidad		
Escenarios negativos	0.00%	No calcula	
Escenarios positivos	100.00%	Asume 100%	
<b>Valores hallados de la Tasa Interna de Retorno</b>	Valor mínimo	19%	No calcula
	Valor medio	3,654%	2,680%
	Valor máximo	35,194%	No calcula.
	Distribución de probabilidad		No se obtiene.
	Escenarios negativos	0.00%	No calcula

El uso de una semilla tecnológicamente modificada con mayor rendimiento, tendrían beneficios económicos. Donde se observa la rentabilidad de la inversión de los cambios de semillas convencionales a genéticamente modificadas en el cultivo de papa blanca, mediante el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno. Al hacer uso de la metodología determinística siempre presentan valores positivos del VAN y TIR, indicando que la rentabilidad es bastante elevada. Sin embargo, usando la metodología probabilística, particularmente en el cultivo de papa blanca, se muestra una probabilidad del 0,1 por ciento de que el escenario sea desfavorable para la inversión, con lo cual se resalta la importancia que tiene el tomar en cuenta diversos escenarios.

#### 4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El análisis de los resultados de los dos métodos nos permite señalar:

- a. Ambos métodos nos dan una imagen de la calidad de la innovación que está en evaluación, en el mismo sentido. Es decir, no se da el caso que una descalifique y que la otra apruebe la innovación.
- b. El método determinístico es menos poderoso que el probabilístico porque presenta valores únicos, lo que brinda información limitada a los tomadores de decisión. El método determinístico nos brinda un valor único, mientras que el probabilístico nos da una distribución de probabilidad de los resultados de la evaluación, y señala los porcentajes (probabilidades) de los resultados probables.
- c. Los promedios son los valores que suelen ser usados en la estimación determinística. Es una estimación en base a valores puntuales. La estimación probabilística recoge la diversidad de la data presente en la realidad, y brinda una gama de escenarios. En ese sentido la estimación probabilística recoge la variabilidad presente en la realidad.
- d. El uso de una semilla genéticamente modificada con mayor rendimiento, tendría beneficios para los consumidores, productores y la sociedad. Los productores debido a la rentabilidad obtenida por hectárea de los cultivos de papa blanca, y los consumidores al tener un producto de mayor calidad, menor presencia de agroquímicos, de pesticidas y fungicidas.
- e. Con la metodología determinística se observan impactos positivos en los excedentes del consumidor, productor y social; sin embargo, usando la metodología probabilística, en el cultivo de papa blanca, se muestra una probabilidad del 0.7 por ciento de que el escenario sea desfavorable tanto para el consumidor, productor y la sociedad, lo cual supone que no en todos los escenarios se obtendrán ganancias fijas, por el contrario, diversos factores externos pueden generar pérdidas en los cultivos.

## V. CONCLUSIONES

- Para la evaluación de corto plazo, la metodología de evaluación probabilística demuestra ser más eficiente que la metodología de evaluación determinística porque provee resultados confiables y con una gama de escenarios que constituyen información útil para la toma de decisiones del productor.
- Para la evaluación de largo plazo de cambio de excedentes, valor actual neto y tasa interna de retorno de la inversión gubernamental en nuevas tecnologías, igualmente el modelo en entorno probabilístico resulta ser más potente y genera información útil para la toma de decisiones gubernamentales sobre la inversión pública en nuevas tecnologías. Igualmente, con la aplicación del método probabilístico se podría elaborar lineamientos de política orientados a la mejora de los productores de este cultivo.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se debería hacer estudios similares en otros cultivos, aplicando la metodología de evaluación ex – ante en entorno probabilístico para afinar estos métodos y asentarlos en la administración pública, en la elaboración de lineamientos de política para cada uno de los cultivos más importantes de la población en consumo interno y (caso papa, arroz, maíz amiláceo, etc.) en cultivos importantes generadores de divisas (caso palta, arándanos, uva, cítricos, etc.).
- Al analizar estos cultivos más importantes (consumo interno y comercio externo), se deberán homogenizar los lineamientos de política para todos los cultivos en general.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alston, J.; Norton, G.; Pardey, P. 1995. Science under scarcity: principles and practice for agricultural research evaluation and priority setting. Ithaca: Cornell University Press.

Betancur E. y Roldán, D. 2019. Análisis probabilístico de los riesgos asociados a los imprevistos en los flujos de caja de proyectos inmobiliarios de la ciudad de Medellín. Tesis para optar el título de maestría en gerencia de proyectos. Universidad EAFIT.

Brookes G, Barfoot P. 2006. Global impact of biotech crops: socio-economic and environmental effects 1996-2004, *AgbioForum* 8 (2&3) 187-196.

Diez, R.; Gómez, R.; Navarro, O.; Varona, A.; Anderson, M. 2013. Evaluación ex ante de alternativas transgénicas en el cultivo de papa blanca comercial. Proyecto LAC Biosafety. Subproyecto Socioeconomía. Adaptación de métodos y herramientas para la evaluación de impacto socio – económico de la introducción de OVM de maíz y papa en trópicos y centros de biodiversidad – Perú)

Diez Matallana, R., Gómez Ocorima, R., y Linares Salas, A. 2018. Rentabilidad de la innovación genética en maíz amarillo duro (*Zea mays* L. var *indurata*) y papa blanca (*Solanum tuberosum*) en el Perú. *Enfoque*, (2), 43-74.

Diez, R., Gómez, R., Linares, A. y Figueroa, L. 2019. Beneficios económicos de la semilla certificada en la producción de arroz (*Oryza sativa*) en Perú. Tesis para optar el diploma de Maestría en Economía Agrícola. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.

Echevarría, A. 2014. Análisis ex ante de impactos económicos por la liberación de semilla cisgénica de papa (*Solanum tuberosum*) canchán en el distrito de Sicaya, provincia de Huancayo, región Junín. Tesis para optar el título de economista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.

Falck Zepeda, Falconí, Sampaio, Solleiro, Trigo, Verástegui. 2008. La biotecnología agropecuaria en América Latina. Una visión cuantitativa. División de Medio Ambiente y Tecnología de la Producción. International Food Policy Research Institute.

Falck Zepeda, J. 2010. Inclusion of socio economic considerations in biosafety decision making: Governance and implementation issues. Washington,

Falck-Zepeda, J. 2015. A Rapid Assessment Potential Impacts of Policy and Regulatory Developments to Agricultural Innovation and Trade.

Food Policy Research Institute. 2005. The Promises and Challenges of Biofuels for the Poor in Developing Countries. Annual Report 2005-2006.

Gariazzo B. 2019. América Latina es la segunda mayor productora de cultivos transgénicos después de América del Norte. Grupo La República. Montevideo – Uruguay.

Giller K, Andersson J, Sumberg J, Thompson J. 2017. A golden age for agronomy? In Agronomy for Development, ed. J Sumberg, pp. 150–60. London: Earthscan

Guillén, L. 2013. Análisis de la rentabilidad de una papa (*Solanum tuberosum*) resistente a rancha (*Phytophthora infestans*) en Huasahuasi, Tarma, región Junín. Tesis para optar el grado de Economista. UNALM

Horton, D. 1982. Social scientists in agricultural research: lessons from the Mantaro Valley Project, Peru.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. INEI. 2019. Población en situación de pobreza, según ámbitos geográficos. Sistema de Información Económica. Estadísticas Sociales. Pobreza y Gasto Social. Disponible en <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/sociales/>

ISAAA. International Service for the acquisition of Agri-biotech Applications. 2017. Brief 53 Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years. Metro Manila, Philippines.

James, C. 2007. Global status of commercialized Biotech/GM Crops: 2007. International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications.

Lira, P. 2013. Evaluación de Proyectos de Inversión. Herramientas financieras para analizar la creación del valor. Lima. Universidad Peruana de Ciencias aplicadas – UPC. ISBN: 978-612-4191-05-3.

López, P. 2019. Rentabilidad y riesgos en la producción de papa blanca comercial. Los casos de Ayacucho y Lima. Tesis para optar por el título de Economista. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Luna, H. 2014. Efectos económicos de la liberación de papa genéticamente modificada resistente a fungosas en la localidad de Moyobamba, región Huánuco. Tesis para optar el título de economista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.

Mallea, J. 2016. Evaluación del uso de modelos probabilísticos en la estimación de las trayectorias de emisiones de gases de efecto invernadero en Chile. Tesis para optar por el título de Ingeniero Civil Industrial. Universidad de Chile.

Matta, J. 2016. Efectos económicos de la liberación de semilla de algodón Bollgard II en Cañete. Región Lima. Tesis para optar el título de Economista en la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Ministerio de Agricultura y Riego. MINAGRI. 2018. Sistemas de información. Serie de Estadísticas de Producción Agrícola – SEPA.

Ministerio de Economía y Finanzas. MEF. 2014. Anexo SNIP 10. Parámetros de Evaluación. Anexo Modificado por RD 003-2014-EF/63.01. Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública.

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.

Paz, J. y Benavides, H. 2008. Evolución de los precios de productos agrícolas: Posible impacto en la agricultura de América Latina y el Caribe. Políticas y Comercio. COMUNIICA.

Peluso, F. 2005. Metodología de análisis real de riesgo sanitario por contaminantes en el agua de bebida para la ciudad de Azul, Argentina. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Rosario Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura.

Pixley, K., Falck-Zepeda, J., Giller, K., Glenna, L., Gould, F., Mallory-Smith, C., ... Stewart, C. 2019. Genome Editing, Gene Drives, and Synthetic Biology: Will They Contribute to Disease-Resistant Crops, and Who Will Benefit? Annual Review of Phytopathology.

Rogers, E.M. 1995. Diffusion of innovations. New York, NY: The Free Press Macmillan.

Schiek, B., Hareau, G., Baguma, Y., Ghislain, M., Shotkoski, F., Douches, D. 2016. Desmitificación de los costos de los cultivos transgénicos: liberación de variedades de papa resistentes al tizón tardío como bienes públicos en los países en desarrollo. Revista Internacional de Biotecnología 14 (2): 112 – 131.

Tarazona, C. 2016. Rentabilidad del maíz amarillo duro (*Zea mays*) resistente al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en la costa del Perú 2017 -2033. Tesis Economista. UNALM.

Thiele, G., Navia, O., Fernández – Northcote, E. 1998. Análisis económico de la estrategia de control químico del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) para cultivares de papa susceptibles en Cochabamba, Bolivia. Fitopatología 33 (3): 176 – 181.

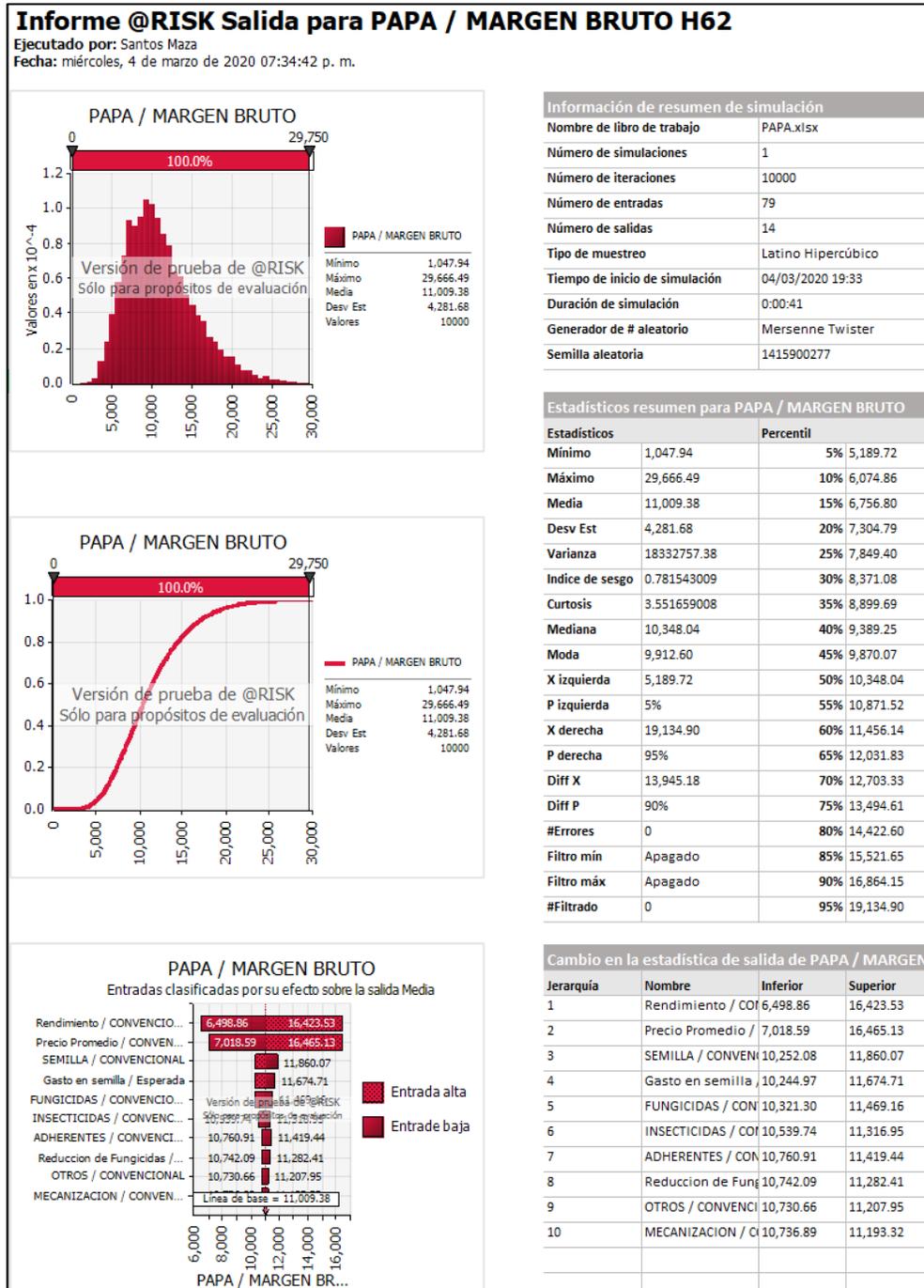
US EPA. 2020. Use of Monte Carlo Simulation in Risk Assessments. Region 3: Technical Guidance Manual, Risk Assessment. Recuperado de: <https://www.epa.gov/risk/use-monte-carlo-simulation-risk-assessments>

Varona, A. 2012. Análisis de Metodologías de Evaluación ex – ante de los costos y beneficios de la liberación de Organismos Genéticamente Modificados en Perú. Lima, Perú. Tesis para optar el título de Economista. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

Zapata, C. 2010. Análisis probabilístico y simulación. Grupo de Investigación en Planeamiento de Sistemas Eléctricos. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira. Colombia.

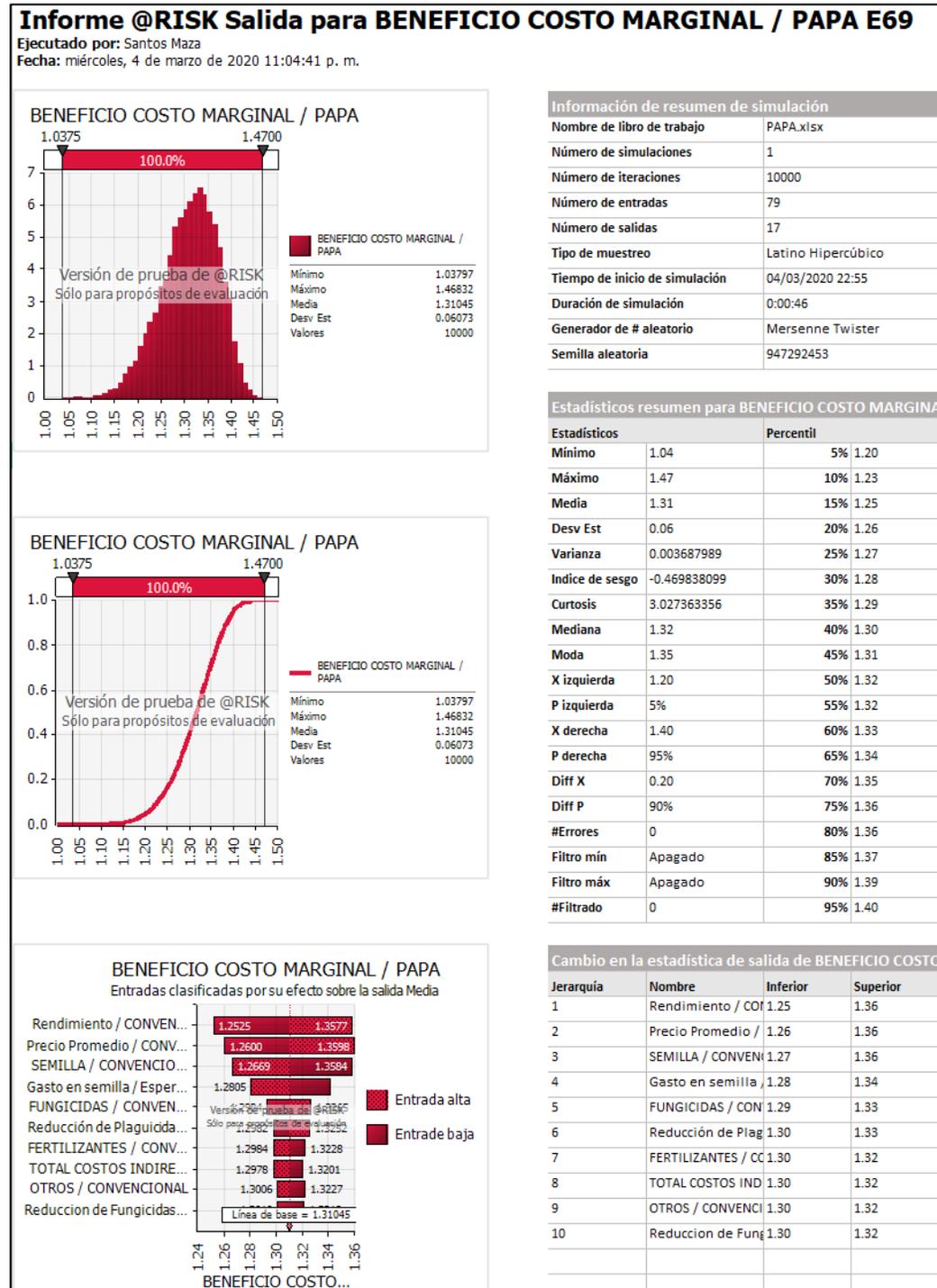
## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Informe @Risk Salida: Incremento de margen bruto de utilidad



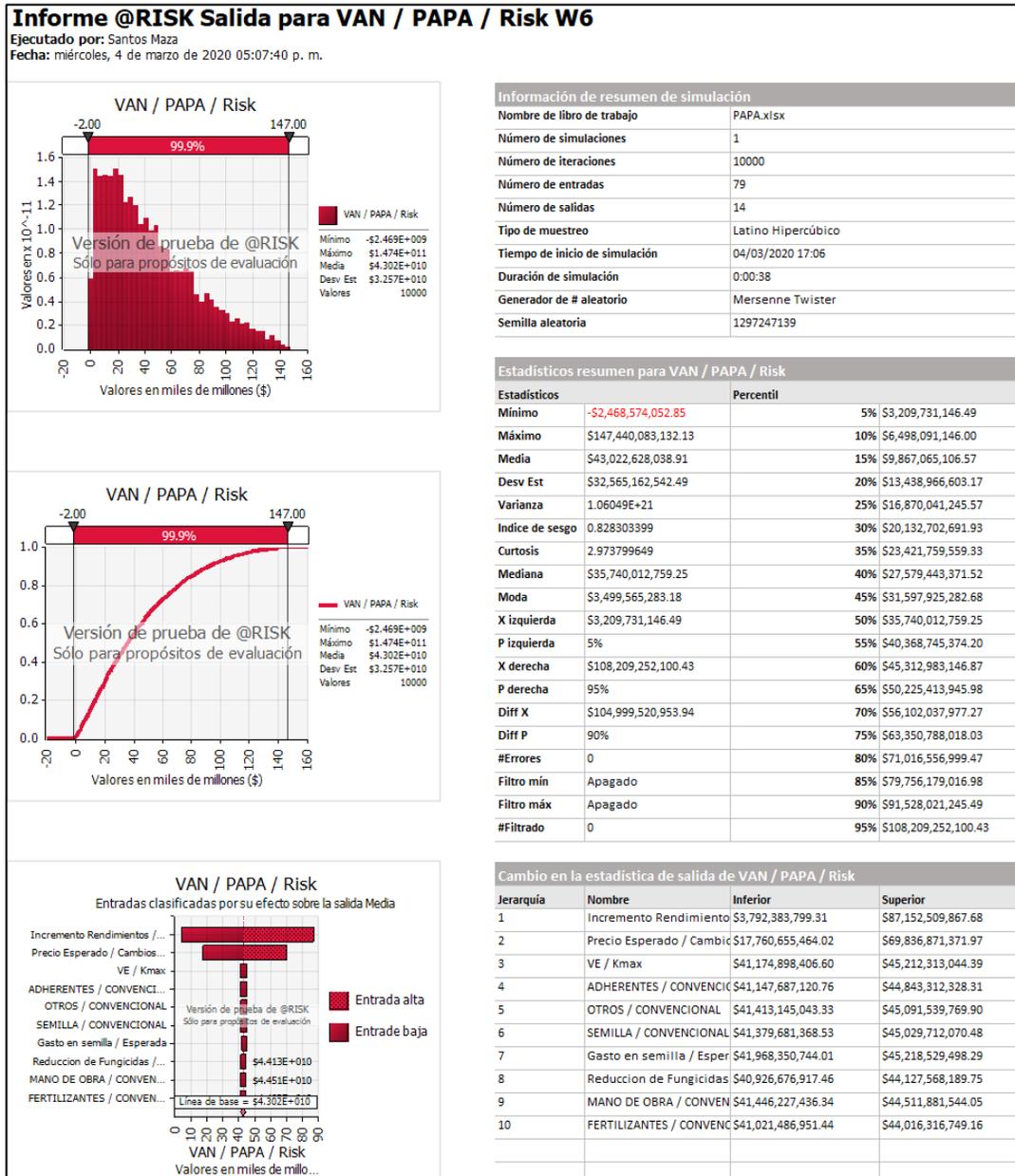
Fuente: Elaboración propia a base del software @Risk

## Anexo 2. Informe @Risk Salida: Coeficiente beneficio-costo marginal



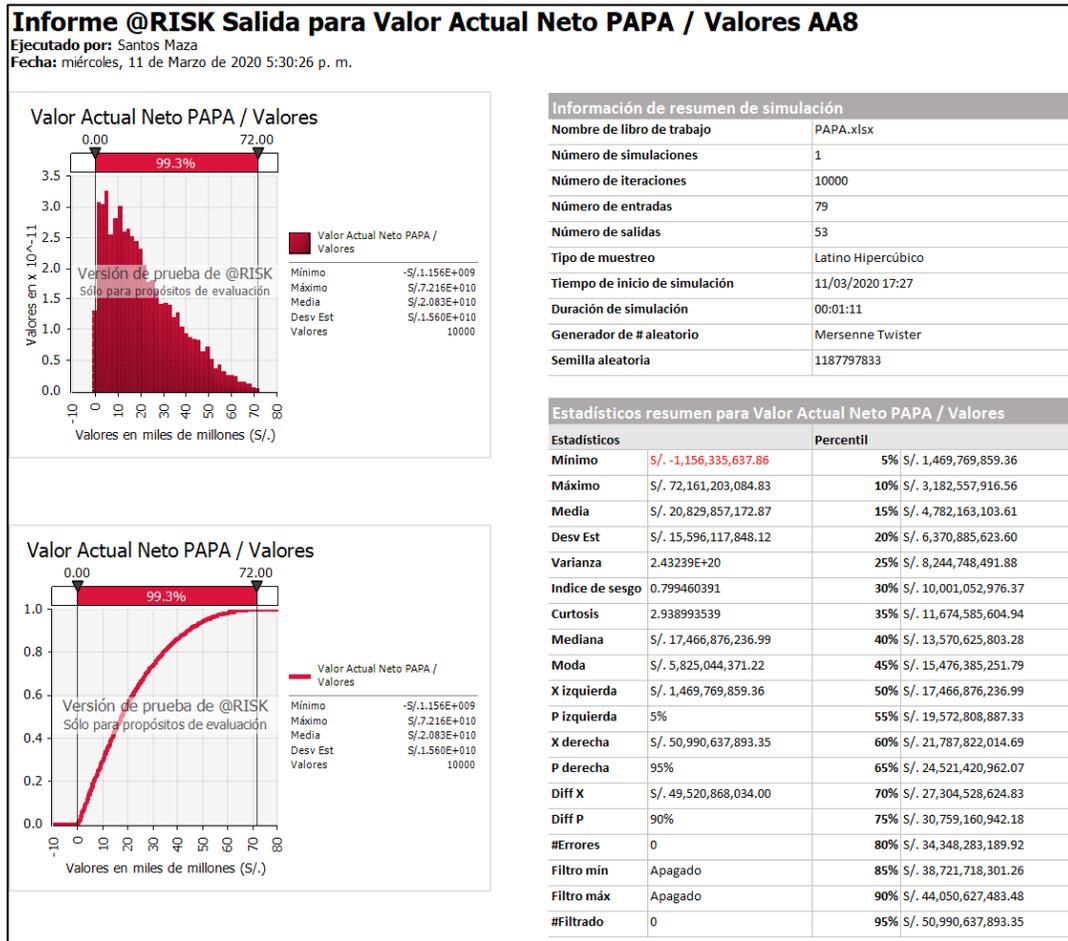
Fuente: Elaboración propia a base del software @Risk

### Anexo 3. Informe @Risk Salida: Valor Actual Neto (con TSD al 8%)



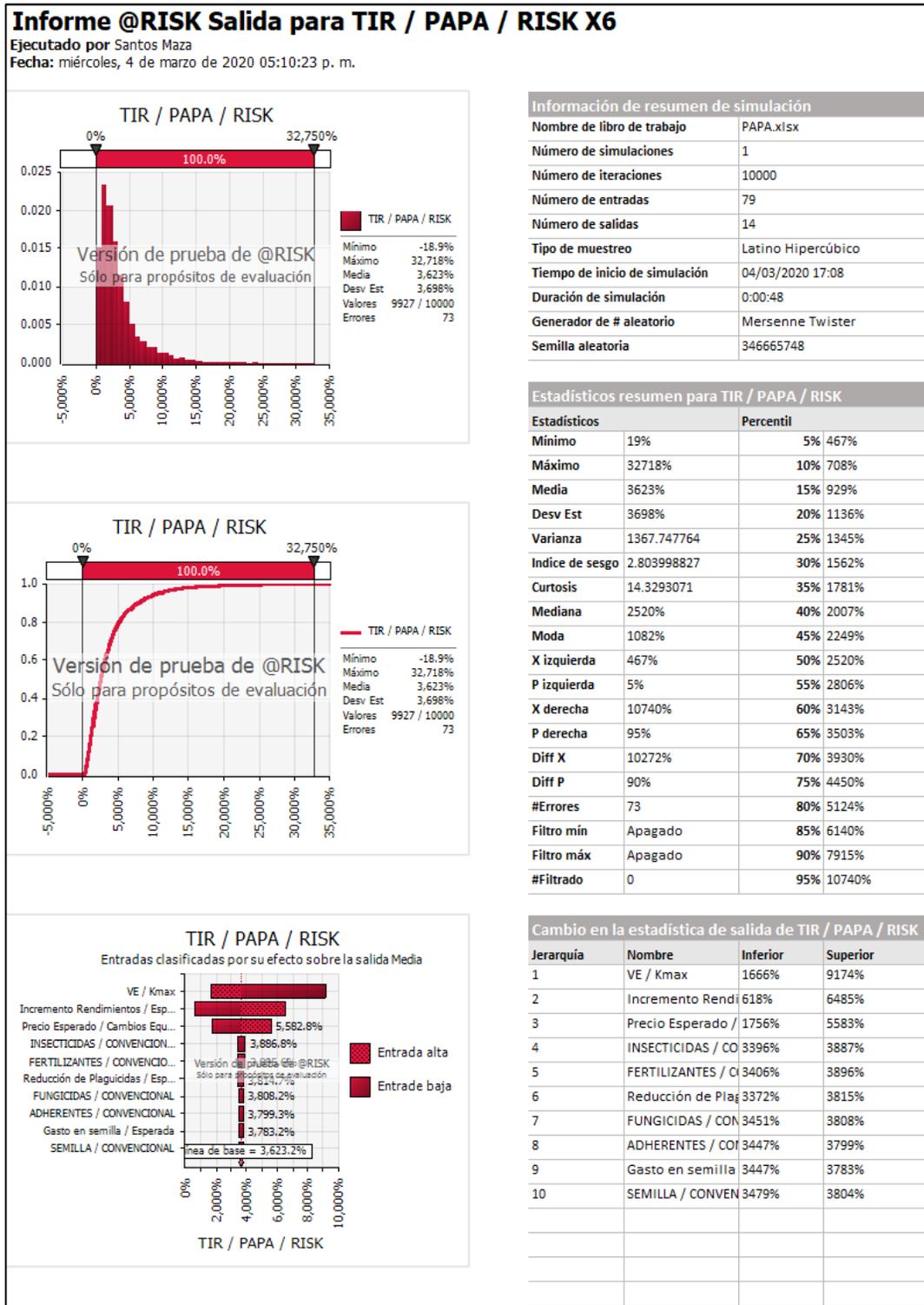
Fuente: Elaboración propia a base del software @Risk

## Anexo 4. Informe @Risk Salida: Valor Actual Neto (con TSD al 20%)



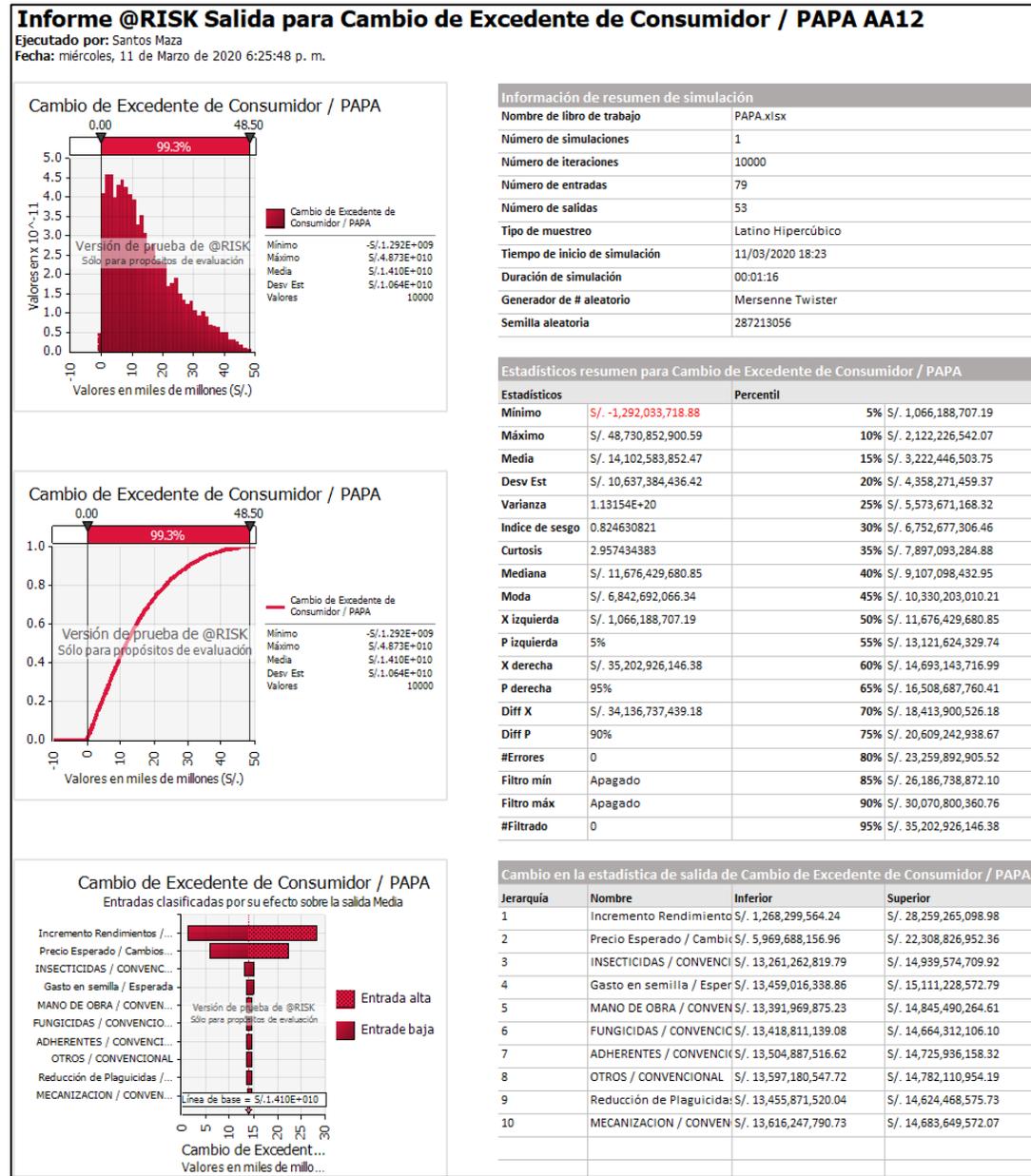
Fuente: Elaboración propia a base del software @Risk

## Anexo 5. Informe @Risk Salida: Tasa Interna de Retorno



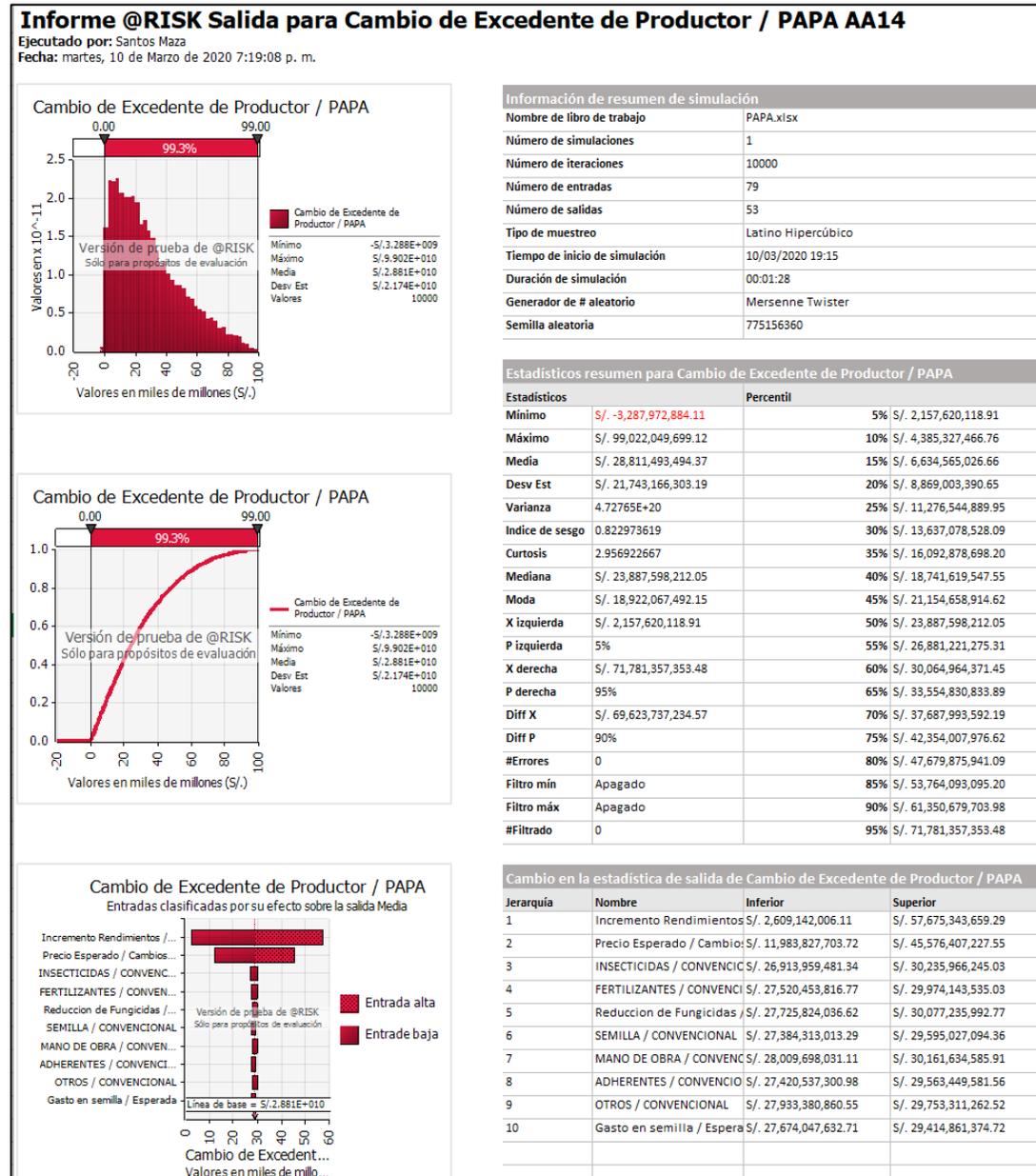
Fuente: Elaboración propia a base del software @Risk

## Anexo 6. Informe @Risk Salida: Cambio de Excedente del Consumidor



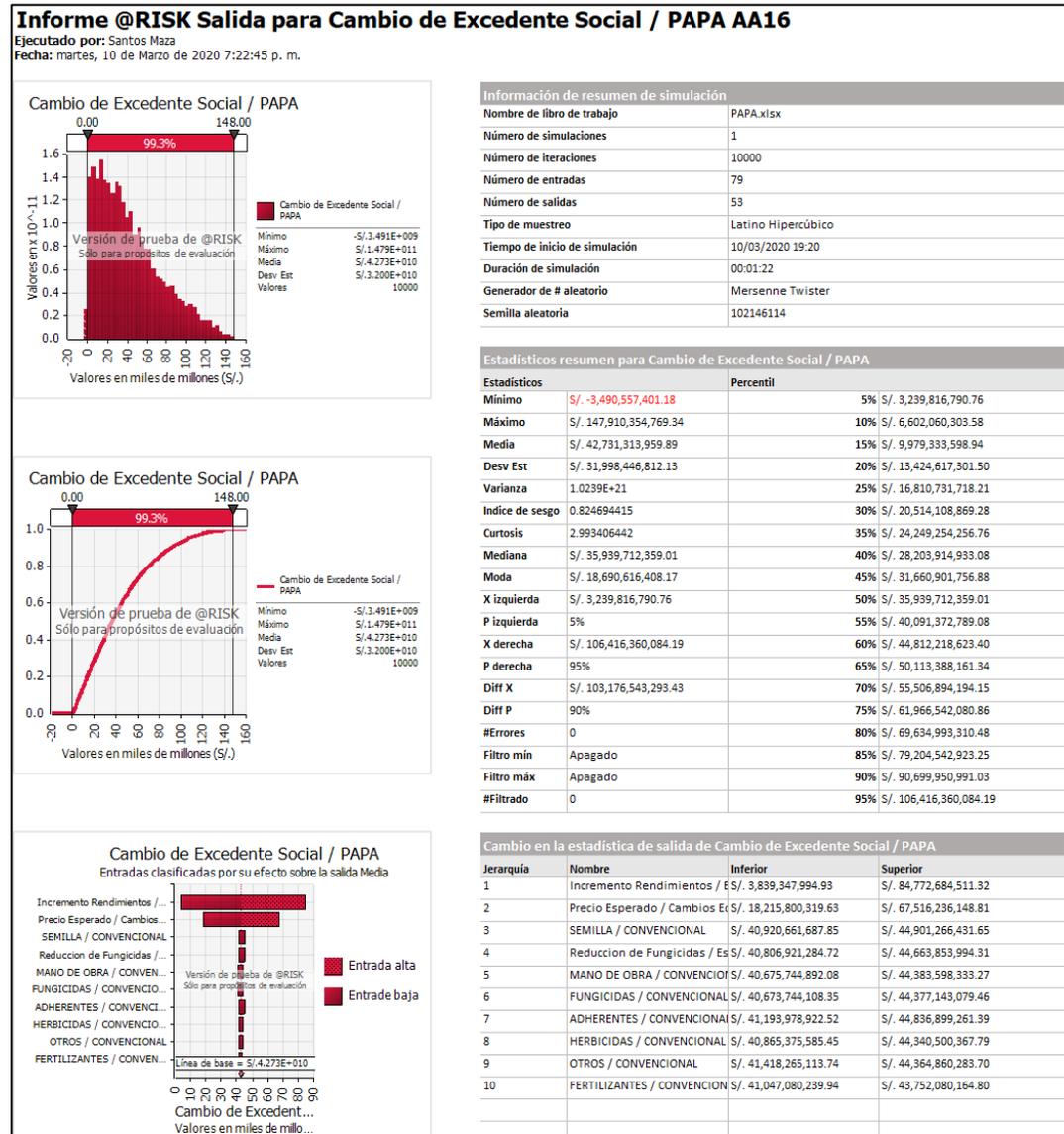
Fuente: Elaboración propia a base del software @Risk

## Anexo 7. Informe @Risk Salida: Cambio de Excedente del Productor



Fuente: Elaboración propia a base del software @Risk

## Anexo 8. Informe @Risk Salida: Cambio de Excedente Social



Fuente: Elaboración propia a base del software @Risk

## Anexo 9. Costo de producción de papa. Región: Junín. Tecnología: Media

FORMATO DE COSTO DE PRODUCCION PARA PAPA						
I.- INFORMACION REFERENCIAL IMPORTANTE						
Cultivo	:	PAPA	Nivel Tecnológico (Bajo - Medio - Alto)	:	Medio	
Tipo de Cultivo (T - P)	:	Transitorio	Nivel de Fertilización (N-P-K)	:	200-200-200	
Variedad	:	Canchan	Tipo de Suelo	:	Franco	
Periodo Vegetativo	:	120 -150 dias	Tipo Riego: Riego (Grav, Got, Asper.) o Secano:	:	secano	
Campaña Agrícola	:	2018-2019	Rendimiento (Kg/ha)	:	20,000	
Departamento	:	Junin	Precio en Chacra	:	0.75	
Provincia	:	Huancayo	Tasa de Interés Anual (%)	:		
Distrito	:	Huamancaca Chico	Fecha de Actualización	:	Campaña agrícola 2018-19	
Centro Poblado	:	Pusopata	Fuente:	:	propia	
Valle	:	Mantaro	Elaboración:	:	Miguel Quevedo Bacigalupo	
II.- ACTIVIDADES						
CONCEPTOS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	SUB TOTAL S/.	TOTAL	S/.
<b>A. COSTOS DIRECTOS</b>						
<b>1. Mano de Obra</b>		59	40	2360		<b>2,360.00</b>
<b>1.1. Preparación del Terreno</b>				280.00		<b>280.00</b>
- Cuspa, Junta y Quema (limpieza de terreno)	Jornal	3	40	120.00		
- Bordeadura y nivelación	Jornal	2	40.00	80.00		
- Limpieza de Acequias, Desagues y Drenes	Jornal	2	40.00	80.00		
<b>1.2. Siembra o Transplante</b>				480.00		<b>480.00</b>
- Siembra	Jornal	8	40.00	320.00		
- Selección de semilla	Jornal	4	40.00	160.00		
<b>1.3. Labores Culturales</b>				560.00		<b>560.00</b>
- Control Fitosanitario	Jornal	5	40.00	200.00		
- Aporque y abonamiento	Jornal	6	40.00	240.00		
- Fertilización	Jornal	3	40.00	120.00		
<b>1.4. Cosecha</b>				1040.00		<b>1,040.00</b>
- Corte de follaje	Jornal	3	40.00	120.00		
- Guardiania	Jornal	7	40.00	280.00		
- Ensacado y amarrado	Jornal	3	40.00	120.00		
- Carguio / Acarreo	Jornal	3	40.00	120.00		
- Cosecha	jornal	10	40.00	400.00		
<b>2. Maquinaria e instrumentos Agrícolas</b>				1300.00		<b>1,300.00</b>
- Roturación	hrs./Maq.	2	70.00	140.00		
- Aradura	hrs./Maq.	2	70.00	140.00		
- Surcado	hrs./Maq.	2	70.00	140.00		
- Cosechadora	hrs./Maq.	4	70.00	280.00		
- Transporte de Insumos	kg	3000	0.20	600.00		
- Transporte de Cosecha	tm					
<b>3. Insumos</b>						
<b>3.1 Semillas</b>	kg	1800	1.00	1800.00		<b>1,800.00</b>
<b>3.2 Fertilizantes y/Abonos</b>				3050.00		<b>3,050.00</b>
- Urea	kg	300	0.50	150.00		
- Guano de corral	sacos	50	10.00	500.00		
-Otro: 20-20-20	sacos	20	120.00	2400.00		
<b>3.3 Agroquímicos (Pesticidas)</b>				2190.00		<b>2,190.00</b>
<b>3.3.1. Insecticidas</b>				660.00		
-Otro: control de gorgojo	lt	2	180.00	360.00		
-Otro: control de polilla y epitrix	lt	2	150.00	300.00		
<b>3.3.2. Fungicidas</b>				960.00		
-Benomil	kg	2	100.00	200.00		
-Otro: control de rancha	lt	2	200.00	400.00		
-Otro: control de mancha foliar	lt	2	180.00	360.00		
<b>3.3.3. Herbicidas</b>				240.00		
-Otro: sencor	kg	2	120.00	240.00		
<b>3.3.4. Adherentes</b>				150.00		
-Citowet	lt	3	50.00	150.00		
<b>3.3.5. Reguladores de crecimiento</b>	kg	1	180.00	180.00		
<b>4. Agua</b>						
- Agua	M3					
<b>5. Otros</b>				235.00		<b>235.00</b>
- Sacos y otros envases	Unidad	200	0.80	160.00		
- Pita/Rafia	Paquete	3	5.00	15.00		
- Análisis físico - químico	Unidad	1	60.00	60.00		
<b>6. Servicios</b>				2600.00		<b>2,600.00</b>
- Fletes	TM	20	130.00	2600.00		
<b>A. TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>						<b>15,895.00</b>

Fuente: MINAGRI-DGESEP-DEA (2014)

**Anexo 10. Costos de producción de papa. Regiones: Lima, Cajamarca, Huánuco, Puno, Ayacucho y Huancavelica**

Estructura de costos	Lima		Cajamarca		Huánuco		Puno		Ayacucho		Huancavelica	
	Alta	Media	Media	Baja								
<b>Costos directos</b>	<b>83,8%</b>	<b>80,9%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>84,9%</b>	<b>92,9%</b>	<b>94,3%</b>	<b>96,3%</b>	<b>93,0%</b>	<b>97,4%</b>	<b>95,0%</b>	<b>100,0%</b>
<b>Insumos</b>	<b>60,4%</b>	<b>51,3%</b>	<b>63,5%</b>	<b>48,2%</b>	<b>51,1%</b>	<b>52,6%</b>	<b>48,3%</b>	<b>35,8%</b>	<b>53,2%</b>	<b>50,2%</b>	<b>42,5%</b>	<b>32,0%</b>
Semilla	24,8%	32,8%	47,0%	31,8%	9,7%	16,1%	37,0%	15,3%	24,6%	31,0%	12,2%	14,7%
Fertilizantes/abonos	21,9%	11,5%	8,5%	8,1%	14,0%	14,3%	6,2%	11,3%	11,8%	7,4%	22,6%	15,8%
Insecticidas	7,5%	1,9%	2,5%	2,1%	6,8%	6,6%	2,7%	3,2%	9,9%	7,4%	3,6%	1,5%
Fungicidas	3,6%	3,3%	3,4%	5,2%	11,1%	13,1%	0,9%	4,5%	3,7%	3,7%	3,0%	0,0%
Herbicidas	1,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Bioestimulantes de crecimiento	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
Fertilizantes foliares	1,2%	0,5%	1,1%	0,5%	6,8%	1,5%	0,8%	0,6%	1,4%	0,4%	0,0%	0,0%
Adherentes	0,4%	0,3%	0,8%	0,6%	2,6%	1,0%	0,8%	1,0%	1,2%	0,4%	1,1%	0,0%
<b>Mano de obra</b>	<b>11,1%</b>	<b>13,6%</b>	<b>7,0%</b>	<b>22,1%</b>	<b>15,9%</b>	<b>19,0%</b>	<b>19,3%</b>	<b>25,3%</b>	<b>13,8%</b>	<b>11,5%</b>	<b>24,3%</b>	<b>29,1%</b>
Cosecha	2,8%	2,3%	3,0%	2,0%	3,8%	5,7%	10,7%	13,8%	3,2%	4,5%	7,3%	8,3%
Labores culturales	3,4%	3,8%	1,2%	16,6%	5,4%	7,2%	5,6%	8,1%	6,8%	1,6%	10,7%	11,0%
Postcosecha	2,8%	4,1%	0,0%	0,0%	1,2%	2,1%	0,7%	1,0%	1,1%	2,1%	0,0%	0,0%
Preparacion de tierras	0,5%	1,3%	0,4%	0,7%	3,3%	2,1%	0,8%	0,2%	0,3%	1,3%	0,9%	1,3%
Siembra	1,6%	2,2%	2,4%	2,9%	2,2%	2,0%	1,5%	2,2%	2,4%	2,0%	5,4%	8,6%
<b>Maquinaria</b>	<b>6,4%</b>	<b>9,0%</b>	<b>9,3%</b>	<b>20,0%</b>	<b>7,6%</b>	<b>7,8%</b>	<b>8,3%</b>	<b>12,3%</b>	<b>6,4%</b>	<b>17,1%</b>	<b>8,4%</b>	<b>20,0%</b>
Cosecha	2,0%	1,9%	4,2%	10,7%	1,1%	1,1%	0,6%	0,9%	1,5%	4,2%	0,8%	2,4%
Labores culturales	1,2%	2,0%	1,3%	2,5%	2,8%	1,5%	4,1%	5,9%	0,7%	7,2%	0,8%	6,5%
Preparacion de terreno	3,1%	5,1%	3,8%	6,8%	3,6%	5,1%	3,7%	5,4%	4,1%	5,6%	6,8%	11,0%
<b>Transporte y envases</b>	<b>5,9%</b>	<b>6,9%</b>	<b>6,0%</b>	<b>3,4%</b>	<b>4,4%</b>	<b>5,2%</b>	<b>7,4%</b>	<b>7,5%</b>	<b>3,8%</b>	<b>5,3%</b>	<b>5,3%</b>	<b>4,3%</b>
<b>Costos indirectos</b>	<b>16,2%</b>	<b>19,1%</b>	<b>2,1%</b>	<b>2,3%</b>	<b>14,0%</b>	<b>7,3%</b>	<b>6,2%</b>	<b>3,8%</b>	<b>7,4%</b>	<b>3,2%</b>	<b>4,9%</b>	<b>2,0%</b>
Alquiler de terreno	12,6%	15,3%	0,0%	0,0%	9,5%	3,7%	2,9%	0,0%	4,1%	0,0%	0,0%	0,0%
Asistencia técnica	2,0%	1,8%	2,1%	2,3%	1,7%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	2,0%
Gastos administrativos y financieros	1,6%	2,1%	0,0%	0,0%	2,8%	1,7%	1,4%	1,9%	1,4%	1,3%	3,0%	0,0%
<b>Total general</b>	<b>100,0%</b>											
<b>Costo total (en nuevos soles)</b>	<b>13 196</b>	<b>14 727</b>	<b>9 583</b>	<b>5 585</b>	<b>16 643</b>	<b>10 681</b>	<b>10 468</b>	<b>6 546</b>	<b>13 335</b>	<b>7 462</b>	<b>7 388</b>	<b>4 909</b>

Fuente: MINAGRI-DGESEP-DEA (2014)

### Anexo 11. Indicadores del cultivo de papa para el año 2018

Indicadores	Participación	Rendimiento	Producción	Superficie	Precio
	Porcentual	(toneladas/ha)	(Millón toneladas)	(Mil has)	(Soles/kg)
Nacional	100.00	15.85	5.12	323.09	0.82
Puno	15.59	13.31	0.79	59.98	1.45
Huánuco	12.57	15.63	0.64	41.18	0.81
La Libertad	9.70	20.16	0.49	24.62	0.73
Apurímac	8.56	17.19	0.43	25.48	0.70
Ayacucho	8.30	17.67	0.42	24.05	0.59
Junín	7.72	16.09	0.39	24.56	0.51
Cusco	7.69	12.98	0.39	30.31	0.89
Cajamarca	6.95	12.61	0.35	28.22	0.69
Arequipa	6.43	36.13	0.32	9.10	0.73
Huancavelica	4.73	10.58	0.24	22.90	0.59
Resto del país	11.77	18.46	0.60	32.61	0.75

Fuente: MINAGRI (2018)

### Anexo 12. Papa, principales indicadores 1999-2018

Año	Superficie	Producción	Rendimiento	Precio en chacra
	(Mil ha)	(Millón t)	(toneladas/ha)	(\$/kg)
1999	272.25	3.06	11.25	0.41
2005	264.05	3.28	12.45	0.37
2015	316.53	4.71	14.89	0.89
2018	323.09	5.12	15.85	0.82

Fuente: MINAGRI (2018)