



Beneficios económicos y ambientales de la semilla certificada de arroz (*Oryza sativa*) en la costa norte y selva norte del Perú

Economic and environmental benefits of certified rice seed (*Oryza sativa*) on the northern coast and northern jungle of Peru

Ramón Diez Matallana¹, Carlos Minaya Gutiérrez^{1*}, Carolay Vásquez Quispe¹, Nicole Barrientos Ortiz¹, Andrea Duárez Ruiz¹, María Cusi Osccorima¹, Santiago Velarde Swayne^{1*}

¹ Círculo de Investigación en Economía Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

* Autor de correspondencia: cminaya@lamolina.edu.pe
* <https://orcid.org/0000-0003-1691-6585>

Recepción: 10/06/2021; Aceptación: 15/12/2021; Publicación: 30/06/2022

Resumen

El arroz (*Oryza sativa*) es un grano que alimenta a más de la mitad de la población mundial, siendo el tercer grano más cultivado en el mundo, después del maíz y trigo. En Perú, 70 mil productores siembran arroz en 417 mil hectáreas; y producen 3,4 millones de toneladas, con un rendimiento promedio nacional de 8,21 toneladas por hectárea. Esta producción se concentra en la costa norte y selva norte: 39,58%, en 50% de la superficie agrícola total de arroz. Por lo tanto, el objetivo fue evaluar los beneficios económicos y ambientales de masificar el uso de semilla certificada de arroz en la costa norte y en la selva norte del Perú. La metodología contempla el uso de información secundaria, para aplicar el modelo de presupuesto parcial, cambio de excedentes económicos y variación del coeficiente de impacto ambiental (EIQ). Los resultados indican que la hipotética adopción de semilla certificada de arroz puede generar un 81,57% de mayor rentabilidad para los productores, además de un beneficio social neto actualizado de S/ 8,455 millones. Asimismo, el impacto ambiental también sería positivo, puesto que el EIQ de la producción de arroz se reduciría en 26,06%. Por tanto, se recomienda investigar el impacto de la semilla certificada en otros cultivos importantes para la economía peruana.

Palabras clave: Arroz, presupuesto parcial, excedentes económicos, coeficiente de impacto ambiental, evaluación de impacto.

Forma de citar el artículo: Diez, R., Minaya, C., Vásquez, C., Barrientos, N., Duárez, A., Cusi, M., & Velarde, S. (2022). Beneficios económicos y ambientales de la semilla certificada de arroz (*Oryza sativa*) en la costa norte y selva norte del Perú. *Natura@economía*, 7(1), 63-80. <http://dx.doi.org/10.21704/ne.v7i1.2111>

DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ne.v7i1.2111>

© Los autores. Este artículo es publicado por la revista *Natura@economía* de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) que permite Compartir (copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato), Adaptar (remezclar, transformar y construir a partir del material) para cualquier propósito, incluso comercialmente.

Abstract

Rice (*Oryza sativa*) stands as a grain nourishing over half of the global populace, ranking as the third most cultivated grain worldwide, following corn and wheat. In Peru, 70 thousand producers sow rice across 417 thousand hectares, yielding 3,4 million tons, with a national average yield of 8,21 tons per hectare. This production focalizes along the northern coast and northern jungle, encompassing 39,58%, covering 50% of the total agricultural rice acreage. Hence, the aim was to assess the economic and environmental benefits of expanding the usage of certified rice seed in Peru's northern coast and northern jungle. The methodology incorporates secondary information to apply the partial budget model, economic surplus change, and variation in the environmental impact coefficient (EIQ). Findings indicate that the hypothetical adoption of certified rice seed could engender an 81,57% increase in profitability for producers, alongside an updated net social benefit of S/ 8,455 million. Furthermore, the environmental impact would also be favorable, as the EIQ of rice production would decrease by 26,06%. Consequently, it is recommended to investigate the impact of certified seed on other crucial crops for the Peruvian economy.

Key words: Rice, partial budget, economic surplus, environmental impact, impact assessment.

1. Introducción

El arroz (*Oryza sativa*), es el tercer cereal más importante en el mundo (502 millones de toneladas), siendo superado por el maíz (1,155 millones de toneladas) y el trigo (781 millones de toneladas)¹. Además, el arroz es considerado fuente de alimentación para más de la mitad de la población mundial (Mahmood *et al.*, 2023). De acuerdo con lo anterior, Das *et al.* (2020) indican que el arroz representa el principal alimento básico en más de treinta países en desarrollo y proporciona al menos 20% de las proteínas de la dieta, 3% de las grasas requeridas y otros nutrientes esenciales. Este grano es una fuente rica en minerales y nutrientes, entre estos, hierro (26 ppm), proteína (7,2%), fibra (0,29%), Zinc (16 ppm), Boro (8,02 ppm), Manganeseo (16 ppm) (Cedeño *et al.*, 2018).

En la campaña 2022 / 2023, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2022), registró que la producción mundial de arroz llegó a 512,4 millones de toneladas, con el aporte conjunto de 54,2% de China e India. Particularmente, Perú registró 2,4 millones de toneladas, cuya producción representó tan solo el 0,5%. Es preciso señalar que el costo por tonelada de arroz en Perú alcanzó un máximo histórico de US\$ 651,2, en junio de 2022, por el

alza de precios de combustibles y fertilizantes (Midagri, 2022).

Según Joseph *et al.* (2023), Perú destaca como uno de los países con mayor producción de arroz en Sudamérica, con un crecimiento productivo notable desde 1970. Asimismo, al año 2022, ocupa el vigésimo lugar entre los países que más producen arroz y tiene una importación anual de 300 mil toneladas (Midagri, 2022a). En cuanto a la comercialización internacional, Perú se encuentra en el puesto 26 como exportador de arroz pilado y en el puesto 49 como importador de arroz (USDA, 2022), procedente de Brasil (67%) y Uruguay (31%), principalmente (Midagri, 2022).

Por otro lado, la producción interna de arroz en Perú involucra a 70 mil agricultores y abarca un área de 417 mil hectáreas, con una producción total de 3,4 millones de toneladas en 2019 y un rendimiento promedio por hectárea de 8,21 toneladas. Específicamente, se destacan las regiones de la costa norte y selva norte, en las que más de 31 mil agricultores se encargan de la producción de arroz (Midagri, 2020).

Respecto de su dinámica productiva, resalta el hecho de la variabilidad sustancial en la productividad. Por ejemplo, el departamento de San Martín registra un rendimiento de 7,8 toneladas por hectárea, mientras que el

¹ <https://es.statista.com/estadisticas/1140499/produccion-mundial-de-cereales-por-tipo/>

rendimiento en la costa norte supera las 7,8 toneladas por hectárea hasta 10,7. Esta alta variabilidad refleja las diferencias en las prácticas agrícolas, las condiciones climáticas y otros factores que influyen en la producción de arroz en las diversas regiones del país, evidenciando oportunidades de mejora en la eficiencia productiva y agrícola (Midagri, 2022).

Según Figueroa *et al.* (2019), el aumento de la producción de arroz en Perú podría lograrse mediante una gestión efectiva de plagas que afectan el cultivo, entre estas, la sogata (*Tagosodes orizicolus*), mosca minadora (*Hydrellia wirthi*) y la mosquilla (*Hydrellia sp.*). De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2018), a nivel global, alrededor del 35% de la producción de arroz se ve afectada por diversas plagas y parecen estar relacionadas con el empleo de semillas no certificadas.

En ese contexto, el empleo de semillas certificadas podría impulsar el incremento de la productividad en la costa norte y selva norte, lo que a su vez podría reducir sustancialmente el costo unitario de producción y, de esta manera, contribuir a incrementar la rentabilidad económica de los 31 mil productores, así como reducir los impactos ambientales debido al menor uso de plaguicidas.

Con relación al cambio de semillas no certificadas a certificadas, Prasetyo *et al.* (2022) encontraron en Indonesia que este cambio de semillas generó un incremento de 10,18% en rendimiento y una mejora en rentabilidad de 10,44%. Similarmente, Oladipo *et al.* (2022), en Costa de Marfil, hallaron un incremento en rendimiento de 34,16% y mejora en rentabilidad del 24,22%. Cabe señalar que, los cambios tecnológicos deben recibir apoyo gubernamental (Ndagi *et al.*, 2016), como reseñan Pino *et al.* (2018) en su evaluación de la producción de semilla de arroz en Ecuador.

En Latinoamérica, se observa un uso apreciable el uso de semillas certificadas de arroz en Colombia, donde se alcanzó un nivel de uso de 48% en la campaña 2018 / 2019, mientras que, en Río Grande del Sur, Brasil, el principal

productor de arroz bajo riego en el país, el porcentaje de uso aumentó significativamente de 19%, en la campaña 2006 / 2007 al 58% en la campaña 2018 / 2019 (Pereira, 2021).

Tankam y Djimeu (2020) destacan en su estudio sobre la agricultura orgánica en Kenia la reducción del uso de insumos químicos, promoviendo prácticas de control de plagas más sostenibles. La semilla certificada fomenta métodos de control basados en productos naturales y trampas, en lugar de productos químicos, preservando así la biodiversidad y el equilibrio ecológico. Por su parte, Cevher y Altunkaynak (2020) mencionan que el uso de semillas certificadas aumenta la eficiencia de producción del trigo, logrando mayor rendimiento y calidad con menos recursos, lo que reduce la presión sobre la tierra y otros recursos naturales.

A partir de la evidencia presentada, el objetivo de la investigación es evaluar los posibles beneficios económicos y ambientales derivados de la masificación del empleo de semillas certificadas de arroz (*Oryza sativa*) en la Costa Norte y Selva Norte de Perú.

2. Materiales y métodos

Ámbito de estudio

La producción de arroz en el Perú se concentra en la costa norte y selva norte, con una representación de 39,58%, en 50% de la superficie agrícola total (Midagri, 2020). En la Tabla 1 se presenta el ámbito de estudio comprende departamentos representativos de la Costa Norte (Lambayeque, Piura) y de la Selva Norte (San Martín).

Diseño de la investigación

Evaluación de beneficios económicos a corto y largo plazo

Presupuesto parcial

El presupuesto parcial evalúa los beneficios y costos de una intervención en una actividad económica. En el ámbito agrícola, compara los

Tabla 1: *Ámbito de estudio y dinámica del arroz en la costa norte y selva norte de Perú 2020*

Variables de interés / Departamentos	Costa Norte		Selva Norte
	Lambayeque	Piura	San Martín
Superficie agrícola total (ha)	252,876,96	252,876,96	496,702,18
Productores	1,795	19,066	10,535
Superficie sembrada de arroz (ha)	50,225	57,181	112,515
Superficie por agricultor (has)	27,95	3,00	10,68
Superficie cosechada de arroz (ha)	48,897	50,432	110,365
Molinos	98	108	56
Producción de arroz (t)	428,285	420,734	856,484,89
Rendimiento del arroz (t/ha)	8,76	8,34	7,76

Fuente: Elaboración propia con información del Midagri (2020)

resultados de implementar una nueva alternativa de producción (innovación productiva, cambio tecnológico, etc.) respecto de la práctica convencional, a partir de la estimación de la variación de ingresos netos del agricultor, considerando todos los costos de producción (Soha, 2014; Herrera *et al.*, 1994). En ese sentido, Roth *et al.* (2002), precisa que el modelo presupuestario se enfoca en los cambios de ingresos y costos debido a la implementación una nueva alternativa, excluyendo costos no afectados.

Para esta evaluación, se considerará la población de agricultores de los departamentos de Lambayeque (1,795), Piura (19,066) y San Martín (10,535). Respecto de la metodología del presupuesto parcial, Vásquez (2022), y Maza *et al.* (2023), señalan el siguiente protocolo: (i) reconocer la necesidad del cambio: Los administradores de las fincas deben comprender por qué se requiere un cambio y conocer las alternativas posibles a la práctica actual, (ii) recopilar información clave: costos, ingresos y otros factores relevantes relacionados con las alternativas propuestas, (iii) evaluar impactos positivos y negativos: El cambio generará variaciones en beneficios y costos, ante ello, el presupuesto parcial compara los beneficios del cambio propuesto con los efectos negativos; y (iv) calcula el efecto neto: La diferencia entre los beneficios y costos determinará si el cambio es favorable o no en comparación con la práctica actual.

Según Horton (1982), en la agricultura existen costos fijos, variables y totales ante la adopción de un cambio tecnológico en la producción. Los ingresos totales son el valor de la cosecha y el beneficio neto es la diferencia entre los ingresos y costos totales. Para adoptar una nueva tecnología, se evalúa la variación de los beneficios netos (ΔBT), que resulta de la diferencia entre el cambio en los ingresos totales (ΔIT) y el cambio en los costos totales (ΔCT): $\Delta BT = \Delta IT - \Delta CT$.

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

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

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

El mismo autor destaca que, en el presupuesto parcial, los costos fijos no cambian al adoptar nuevas tecnologías, lo que significa que su variación (ΔCF) es igual a cero. Por lo tanto, la variación en los beneficios netos en la agricultura se expresa como: $\Delta BT = \Delta IT - \Delta CV$. A partir de lo anterior, si se observa un incremento en el beneficio neto tras el uso de la semilla certificada de arroz y una disminución o constancia en los costos variables, se considera idónea el adoptar la nueva tecnología. En este escenario, cuanto mayor sea el incremento de los ingresos y el índice beneficio - costo, más atractiva será la tecnología alternativa para el agricultor.

cambio reduce los costos en K por unidad y desplaza la curva de oferta a S_1 lo que aumenta la producción y el consumo a Q_1 ($\Delta Q = Q_1 - Q_0$) y reduce el precio a P_1 ($\Delta P = P_1 - P_0$).

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

Por el lado de los productores, a pesar de que se espera que estos reciban un precio unitario más bajo, presentarán mejoras en sus excedentes económicos a partir del mayor rendimiento del cultivo y menores costos (Alston *et al.*, 2000). En consecuencia, las ganancias del productor, por unidad producida, son mayores por el incremento de la rentabilidad sobre la cantidad original más las ganancias obtenidas por la producción adicional (Vásquez, 2022).

Evaluación de beneficios ambientales

Variación del coeficiente de impacto ambiental (EIQ)

El coeficiente de impacto ambiental (EIQ, por sus siglas en inglés) es un indicador para proporcionar a los productores datos sobre impactos ambientales y de salud, asociados a la variación del uso de plaguicidas en cultivos de bienes agrícolas (Kovach *et al.*, 1992).

Según Brookes y Barfoot (2018), el EIQ se basa en tres componentes de los sistemas de producción agrícola: (i) trabajadores agrícolas, (ii) consumo y (iii) ecología. Además, el EIQ resume una cantidad significativa de

información sobre el impacto de los pesticidas y plaguicidas en un solo valor que se puede utilizar fácilmente para hacer comparaciones entre diferentes sistemas de producción, incluso en muchas regiones y países (Brookes, 2022).

Kovach *et al.* (1992) y Brookes y Barfoot (2006), señalan que los datos de toxicidad de cada ingrediente activo de plaguicidas y el efecto sobre cada factor ambiental se agrupan según toxicidad en una escala del 1 al 5, siendo 1 el más bajo. La fórmula de EIQ (Ecuación 1).

Siguiendo a Kovach *et al.* (1992) y Brookes y Barfoot (2006), cada valor de la fórmula viene de una profunda revisión de datos, y se torna un índice universal. Así pues, dado que se conoce el EIQ de los plaguicidas y sus respectivos ingredientes activos, en sus fichas técnicas, y, a partir de datos sobre dosis, número de aplicaciones y el ingrediente activo, se puede hallar el EIQ de campo:

3. Resultados y discusión

Evaluación de beneficios económicos de la semilla certificada de arroz a corto plazo

Para evaluar el impacto económico en la producción a corto plazo de la aplicación de la semilla certificada de arroz, se ha considerado, siguiendo a Figueroa *et al.* (2019), un incremento esperado en el costo de la semilla de 18,65%, un incremento en gasto en fertilizantes de 52,88%, una reducción de fungicidas e insecticidas en 47,13%, reducción de herbicidas en 51,98% y una reducción en consumo de agua de 43,98%. Para el cambio en rendimiento se toma la distribución de probabilidad RiskUniform (10,18%;34,16%).

Evaluando el uso de semilla certificada de arroz, se esperaría un menor costo total, pues disminuiría en 1,65%, debido principalmente a la reducción en fungicidas, insecticidas y el

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

Donde: DT=toxicidad cutánea, C=toxicidad crónica, SY = sistematicidad, P= toxicidad en peces, L=potencial de lixiviación, R=superficie de pérdida de potencial, D= toxicidad en aves, S=vida media del suelo, Z=toxicidad en abejas, B=toxicidad en artrópodos, P= vida media en la planta.

agua que demanda esta semilla. Con la semilla certificada se genera un margen bruto de S/ 5,452,07, un incremento del 94,31% respecto a la semilla convencional (Anexo 2).

Al ejecutar el modelo en el entorno del *software @Risk*, arroja 96,7% de escenarios en los cuales habrá un incremento de la rentabilidad de 81,57% (incremento del margen bruto), con un máximo de incremento de S/ 6,154,12 y como mínimo una disminución de S/ 1,450,03. Por otro lado, el índice de beneficio – costo marginal resulta 1,14, o sea, por sol invertido en semilla certificada, el agricultor recibirá 14 centavos de ganancia (Tabla 2).

Tabla 2: Índice beneficio – costo marginal e incremento de margen

Concepto	Valor (S/)
Beneficios	
Ingresos nuevos (semilla certificada)	11,317,39
Costos abandonados (semilla convencional)	6,612,31
Total beneficios	17,929,69
Costos	
Ingresos abandonados (semilla convencional)	9,263,64
Costos nuevos (semilla certificada)	6,503,28
Total costos	15,766,92
Índice Beneficio - Costo Marginal	1,14
Incremento del margen de producción (S/)	2,162,77
Incremento del margen de producción (%)	81,57%

Se aplica el software *@Risk* para determinar la probabilidad de que el índice beneficio – costo marginal sea mayor que uno, es decir, que efectivamente la aplicación de la semilla certificada genere una mayor rentabilidad. El *software @Risk* arroja una probabilidad del 96,7% de que el índice beneficio – costo marginal sea mayor a 1, con un máximo de 1,44 y un mínimo de 0,91, confirmando mayor rentabilidad de la semilla certificada.

Evaluación de beneficios económicos de la semilla certificada de arroz a largo plazo

En los anexos 3 al 7 se muestran los detalles de los resultados. A partir de la columna CEC del Anexo 3, se evidencia los incrementos esperados en el excedente del consumidor, que fluctúa

entre los 27 millones de soles a más de 820 millones de soles, al año 16 de haber iniciado la liberación de semillas certificadas. De igual manera al final del periodo de evaluación se observa, en la columna CEP, que los incrementos esperados en los excedentes de los productores fluctúan entre los 14 millones de soles a más de 416 millones de soles aproximadamente. Por tanto, en el plazo de 16 años, se esperaría que el excedente social aumente de 41 millones de soles en el año 2023, a aproximadamente 1,200 millones de soles al 2038 (Columna CET).

En la columna BN del Anexo 4, se presentan los beneficios netos, resultado de la diferencia entre el excedente social y la inversión en investigación y transferencia. Se puede apreciar que luego de un primer año de pérdidas por la inversión en la innovación en semilla, los años siguientes hay beneficios crecientes, obteniendo el 2038 más de mil millones de soles como beneficios. La Tabla 2 muestra los cálculos de rentabilidad a nivel gubernamental, donde el Valor Actual Neto (VAN), a una tasa social de descuento del 8%, supera los S/ 8 mil millones. Se muestra el resultado en caso se den incrementos sustanciales en el riesgo: si la TSD sube a 20%, el VAN se aproximará a S/ 4 mil millones). La tasa interna de retorno (TIR) media esperada de 151,19%, supera largamente la tasa mínima de rentabilidad de la inversión (TSD 8% y a la de alto riesgo 20%), indicando que la masificación de las semillas certificadas será rentable a largo plazo (Tabla 3).

Tabla 3: Resultado del modelo de cambio de excedentes con semillas certificadas

Impactos económicos	Valores
Valor Actual Neto (TSD 8%)	S/ 8,455,484,841,81
Valor Actual Neto (TSD 20%)	S/ 3,732,489,559,65
Tasa Interna de Retorno	151,19%
Cambio de Excedente de Consumidor	S/ 5,713,241,324,89
Cambio de Excedente de Productor	S/ 2,898,020,961,90
Cambio de Excedente Social	S/ 8,611,262,286,80

Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de sensibilidad sobre el VAN, ante variaciones en la Tasa Social de Descuento (TSD). Al utilizar

la tasa de Nordhaus de 5% como referencia, el VAN estimado alcanzó el valor de S/ 10,798 millones, lo que refleja un escenario favorable para la liberación de semilla certificada. Al incrementar ligeramente la TSD a 5,5%, el VAN presenta una reducción a S/ 10,353 millones, lo que indica una sensibilidad del proyecto ante pequeñas variaciones en la tasa de descuento (Tabla 4).

Tabla 4: *Análisis de sensibilidad del Valor Actual Neto*

TSD	VAN
5%	S/. 10,798,029,054,09
5,50%	S/. 10,353,197,037,93
8%	S/. 8,455,484,841,81
20%	S/. 3,732,489,559,65

En todos los escenarios generados por el *software @Risk*, el VAN esperado presentará valores positivos en el 76,8% de los escenarios, siendo el valor medio esperado de S/ 10,83 miles de millones. Además, con *@Risk*, el VAN al 8% presentará un intervalo de valores que parten de un mínimo negativo de S/ 25 miles de millones, en el peor de los casos, hasta un máximo esperado de S/ 80,11 miles de millones si los escenarios fueran los óptimos. En caso de incrementos sustanciales de riesgo o factores relacionados a nivel nacional o internacional, se deberá calcular el VAN esperado a una TSD de, por ejemplo, 20%. A pesar de desarrollarse un contexto altamente riesgoso a nivel nacional o internacional, aún seguirían presentándose escenarios positivos en el 76,5% de los escenarios planteados para la inversión en semillas certificadas.

El VAN con la tasa de descuento de 20%, oscila entre los S/ 41 mil millones y en el peor de los casos se obtendría una pérdida de S/ 11 mil millones al final del periodo. Los valores esperados del VAN, a una tasa social de descuento del 8% o del 20% y la TIR, demuestran la rentabilidad de la inversión al final del periodo. Se demuestra que, en un entorno de riesgo, la TIR esperada será positiva en 98,4% de los escenarios, con un mínimo valor esperado de -23,08% y un máximo de 743,31%.

Respecto a los agentes económicos, en 77,2% de los escenarios, los consumidores se verán beneficiados por la mayor oferta de arroz presente en el mercado nacional, y en el largo plazo, se evidenciaría una disminución en los precios. El valor esperado de la variación del excedente del consumidor oscilará entre los -S/ 16,55 miles de millones como mínimo, en caso se presenten circunstancias desfavorables, hasta un valor máximo esperado de S/ 53,26 miles de millones, en presencia de circunstancias muy favorables, con escenarios óptimos, con un valor medio de S/ 7,29 miles de millones.

Respecto a los valores esperados de la variación del excedente del productor, son positivos en 77,2% de los escenarios, mostrando altas potencialidades de rentabilidad que podría obtener el productor de la costa norte al usar semillas certificadas. El valor de la variación oscilaría entre los - S/ 8,40 miles de millones como mínimo en los escenarios desfavorables, hasta un máximo esperado de S/ 27,01 miles de millones con un valor medio que alcanza los S/ 3,70 miles de millones. Las variaciones del excedente social en el periodo de 16 años muestran resultados positivos en 77,2% de los escenarios, cuyo valor esperado medio es de S/ 10,99 mil millones.

El valor esperado de la variación del excedente social alcanzaría como mínimo - S/ 24,95 mil millones, y un máximo de S/ 80,27 mil millones. En la gran mayoría de los escenarios, los agentes económicos verán mejoras en sus niveles de bienestar ante el cambio de semilla convencional a semilla certificada, tanto para los consumidores, productores y la sociedad en su conjunto.

Evaluación de beneficios ambientales a partir del uso de semilla certificada de arroz

Para la evaluación del impacto ambiental a partir del uso de semilla certificada de arroz, se calculó el EIQ para el uso de distintos ingredientes activos que se aplican en el cultivo del arroz convencional. Estos buscan controlar a insectos como la sogata (*Tagosodes orizicolus*), la mosca minadora del arroz (*Hydrellia wirthi*),

el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), el gorgojo de agua (*Lissorhoptrus oryzophilus*), ácaro (*Steneotarsonemus spinki*), mosquilla (*Hydrellia sp.*), hongos como mancha carmelita (*Bipolaris cryzae*) y quemado (*Piricularia oryzae*), y malas hierbas como coquito (*Cyperus rotundus*). Por campaña, se aplica una dosis de estos plaguicidas (Anexo 8).

El EIQ de campo total de la semilla convencional es de 110,5 EIQ/ha. Con una superficie cosechada en los departamentos analizados (Piura, Lambayeque y San Martín) es de 209 mil hectáreas, se estima un impacto EIQ por uso de la semilla convencional de 23,171,187 EIQ. Dado que las semillas certificadas, según INIA (2017), presentan resistencia a la sogata, mosca minadora, y a la mosquilla, no se considera el uso de pesticidas contra estas plagas (Anexo 9). El EIQ de campo total de la semilla certificada es de 81,5 EIQ/ha. Considerando que la superficie cosechada en los departamentos analizados

(Piura, Lambayeque y San Martín) es de 209,694 ha, el impacto EIQ por uso de la semilla certificada es de 17,090,061 EIQ. Comparando el impacto ambiental del uso de la semilla convencional con el de la semilla certificada, se puede apreciar una disminución del 26,24%, gracias a un menor uso de plaguicidas. Esto evidencia una mejora no solo para el ambiente, sino que sugiere mejoras en la salud de los productores (por menor exposición a pesticidas y plaguicidas) y reducción de riesgos de salud para los consumidores.

3. Discusión de resultados

Evaluación de la rentabilidad ex – ante a corto plazo

El uso de la semilla certificada de arroz implica una mejora significativa respecto a la semilla convencional, pues los agricultores disminuirían sus costos totales en 1,65%, e, incrementarían su margen bruto en S/ 2,162,77, un incremento

Tabla 5: Cálculo del EIQ de campo de semilla convencional y certificada

Plaga/ Enfermedad	Nombre científico	Ingrediente Activo (I.A.)	EIQ de campo de semilla convencional	EIQ de campo de semilla certificada	Cambio en el EIQ (%)
Sogata	<i>Tagosodes orizicolus</i>	Thiametoxan	3	0	-100%
		Bupofrezin	3,9	0	-100%
		Cipermetrina	3,2	0	-100%
		Flupyradifurone	2,6	0	-100%
		Bifenthrin	1,2	0	-100%
		Imidacloprid	1,7	0	-100%
Mosca minadora	<i>Hydrellia wirthi</i>	Fipronil	4,3	0	-100%
		Beta-Cyfluthrina	0,3	0	-100%
		Acefato	8,3	0	-100%
Gusano Cogollero	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Chlorpyrifos	8,6	8,6	0%
		Chlorantraniliprole.	0,3	0,3	0%
		Chlorfluazuron	0,7	0,7	0%
Gorgojo de agua	<i>Lissorhoptrus oryzophilus</i>	Alpha-cypermethrin	0,5	0,5	0%
Acaro	<i>Steneotarsonemus spinki</i>	Abamectina	0,1	0,1	0%
Mosquilla	<i>Hydrellia spp.</i>	alpha-cypermethrin	0,5	0	-100%
		Propineb	21,1	21,1	0%
Mancha Carmelita	<i>Bipolaris cryzae</i>	Mancozeb	36,7	36,7	
Quemado	<i>Piricularia oryzae</i>	Tebuconazole	13,5	13,5	0%
Coquito*	<i>Cyperus rotundus</i>	Bispyribac sodium	0,8	0,8	0%
Total			111,3	82,3	-26,06%

* Esta hierba no está clasificada como plaga o enfermedad, sino que se la considera una hierba arvense.

del 81,57% respecto a la semilla convencional. El índice de beneficio – costo marginal esperado de 1,14, significa que por cada sol invertido en la semilla certificada obtendrá una ganancia de 14 centavos.

El *software @Risk* permitió obtener 96,7% de escenarios positivos de que la semilla certificada sea económicamente rentable a corto plazo. Los resultados obtenidos se asemejan a estudios previos, como el de Figueroa *et al.* (2019) y Rodríguez (2023), quienes encuentran que la semilla certificada mejora la rentabilidad de los productores en el corto plazo para el caso del arroz y maíz amarillo duro (MAD), con índices mayores a 1 (1,15 y 1,17, respectivamente).

Evaluación de los beneficios para la sociedad a largo plazo

Se evidencian incrementos en los excedentes de los agentes económicos por la liberación de semillas de arroz certificada, los productores se verán beneficiados en mayor medida, al incrementar sus excedentes en S/ 2,898 miles de millones producto de mejoras esperadas en la rentabilidad por hectárea. Por otro lado, los consumidores se beneficiarán al incrementar sus excedentes esperados en S/ 5,713 miles de millones, a partir de la obtención de productos de mayor calidad y menores precios. Ello resulta en incrementos de los excedentes para la sociedad, específicamente la población de la costa norte vinculada al cultivo de arroz, cuyo valor esperado aproximado a S/ 8,611 miles millones.

Los resultados obtenidos se asemejan a estudios previos, como el de Figueroa *et al.* (2019), quienes encontraron que, con la semilla certificada de arroz, los consumidores, productores y la sociedad se verán beneficiados, al incrementar sus excedentes en S/ 5,989 miles de millones, S/ 3,074 miles de millones y S/ 9,064 miles millones, respectivamente. A nivel gubernamental, se obtiene que, con una tasa de descuento del 8%, se logrará un VAN esperado mayor a S/ 8,455 miles de millones, positivo en todos los escenarios; asimismo, se tendrá una Tasa Interna de Retorno (TIR) esperada de 151,19% que, al superar la tasa de descuento,

pone de manifiesto la rentabilidad a largo plazo de la inversión en la semilla de arroz certificada.

Se alinea con estudios para otros cultivos, como el de Rodríguez (2023), que encuentra que con semilla certificada de maíz amarillo duro los consumidores, productores y la sociedad se verían beneficiados al incrementar sus excedentes en S/ 45,876 miles de millones, S/ 89,514 miles de millones y S/ 135,390 miles de millones, respectivamente. También encuentra que, con una tasa de descuento del 8%, se lograría un VAN esperado mayor a S/ 128,902 miles de millones, obteniéndose una TIR de 103%.

Al igual que, Marenja *et al.* (2018), encuentran que el uso de semillas de maíz híbridas tolerantes a diversas enfermedades como la necrosis letal del maíz (MLN, por sus siglas en inglés) genera incrementos en los excedentes de los productores, consumidores y la sociedad, dependiendo del nivel de adopción asumido por cada país.

Con un cambio en el nivel de adopción del 25% al 75%, el incremento de los excedentes de los consumidores sería de \$ 93 millones y \$ 75 millones, en Etiopía y Kenia, respectivamente. Por otro lado, los productores incrementarían sus excedentes en más de \$ 400 millones, en ambos países. Asimismo, la sociedad también incrementaría sus excedentes en \$ 484 millones y \$ 511 millones en Etiopía y Kenia, respectivamente. Maximiliano y Smyth (2020), encuentran que, con la adopción de maíz Bt (*Bacillus thuringiensis*) genéticamente modificado en El Salvador, los consumidores, productores y la sociedad también se verán beneficiados al incrementar sus excedentes en US\$ 503,206 millones, US\$ 274,476 millones y US\$ 848,482 millones.

Por último, Pal *et al.* (2023) encuentran que con el uso de semilla de semilla híbrida de tomate VRT-0801 (Kashi Aman) en la India, los productores, consumidores y la sociedad incrementarían sus excedentes en ₹ 19,18 millones, ₹ 30,44 millones y ₹ 49,62 millones.

Evaluación del impacto ambiental

Se demuestra que emplear la semilla certificada reduce el impacto ambiental en un 26,06%, según el cambio en el EIQ/ha. Esto se debe a que la semilla certificada es más resistente a plagas como la sogata (*Tagosodes orizicolus*), la mosca minadora (*Hydrellia wirthi*) y la mosquilla (*Hydrellia sp.*), reduciendo la necesidad de usar plaguicidas en el cultivo de arroz. El resultado se asemeja a lo obtenido por Brookes (2021), quien encontró una reducción del impacto ambiental en 63% (maíz) y 34,2% (algodón), por el uso de semillas mejoradas genéticamente que requieren menos insecticidas.

El resultado también se asemeja a lo obtenido por Seixas *et al.* (2022), quienes encontraron una reducción del impacto ambiental en 20% debido al uso de semilla de algodón genéticamente modificada, por ser resistentes a ciertas plagas de insectos, como el gusano del algodón y el picudo del algodónero.

Por último, Rodríguez (2023), reporta una reducción de 73,6 % en el impacto total ambiental en la región Piura (Perú), a partir del uso de semilla certificada de maíz amarillo duro, principalmente por la reducción de pesticidas para hacer frente al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y gusano de tierra (*Lumbricus terrestris*).

4. Conclusiones

El uso de semillas certificadas beneficiará económica y ambientalmente a los productores de arroz de la costa norte y selva norte, particularmente, en Lambayeque, Piura y San Martín. En cuanto a la evaluación económica, se obtuvo que el uso de semillas certificadas eleva su margen de utilidad por hectárea (81,57%), corroborado por el índice de beneficio-costo marginal, de 1,14.

En el largo plazo, la inversión en esta semilla beneficia a toda la sociedad: Los consumidores pagarán menores precios y tendrán una mayor oferta en el mercado de este producto, lo que se confirma con los resultados de los cambios en

el excedente de consumidores de 5,713 millones de soles, en el de productores, que asciende a 2,898 millones de soles; y en el del excedente social, de 8,611 millones de soles.

A nivel gubernamental, la inversión en este producto muestra una importante rentabilidad para la inversión en el desarrollo y transferencia de la semilla certificada de arroz, pues el VAN (8455 millones de soles con 76,8% de escenarios positivos) y la TIR (151,19%, con 76,5% de escenarios positivos), indican que la inversión es rentable socialmente. Asimismo, en cuanto a la evaluación ambiental, la reducción del uso de plaguicidas y pesticidas generada a partir del uso de semillas certificadas presentaría efectos positivos en el ambiente, lo que sugiere reducción de riesgos en la salud de los productores y consumidores de arroz.

En este estudio se evidenció la reducción del EIQ en 26,24%. De acuerdo con los resultados obtenidos, se recomienda evaluar económica y ambientalmente la masificación de semillas certificadas en otros cultivos importantes para la economía peruana.

Conflictos de intereses

Los autores El autor del presente artículo de investigación declaran no tener ningún conflicto de interés personal o económico con otras personas u organizaciones que puedan influir indebidamente con el presente manuscrito.

Contribución de autores

Ramón Alberto Diez Matallana: La concepción y diseño del estudio, o adquisición de datos, o análisis e interpretación de datos.
Carlos Minaya Gutiérrez: Redactar el artículo o revisarlo críticamente para contenido intelectual importante.
Carolay Vásquez Quispe: Aprobación definitiva de la versión a presentar.

Nicole Ariana Barrientos Ortiz: La concepción y diseño del estudio, o adquisición de datos, o análisis e interpretación de datos.
Maria Angela Cusi Oscorima: La concepción y diseño del estudio, o adquisición de datos, o análisis e interpretación de datos.

Andrea Duárez Ruiz: La concepción y diseño del estudio, o adquisición de datos, o análisis e interpretación de datos. Esteban Joaquín Carazas Velazco: La concepción y diseño del estudio, o adquisición de datos, o análisis e interpretación de datos. Santiago Velarde Swayne: La concepción y diseño del estudio, o adquisición de datos, o análisis e interpretación de datos.

Fuentes de financiamiento

Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de ninguna agencia de financiación, sector gubernamental ni comercial o sin fines de lucro.

Aspectos éticos / legales

El autor declara no haber incurrido en aspectos antiéticos ni haber omitido normas legales.

Referencias bibliográficas

- Alston, J., Norton, G., & Pardey, P. (1995). Science under scarcity: Principles and practice for agricultural research evaluation and priority setting. *American Journal of Alternative Agriculture*, 10(4), 191 – 192. DOI: 10.1017/S0889189300006597.
- Alston, J., Chan-Kang, C., Marra, M., Pardey, P., & Wyatt, T.J. (2000). *A meta-analysis of rates of return to agricultural R & D: ex pede Herculem?*. Research reports 113. International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- Brookes, G., & Barfoot, P. (2006). Global impact of biotech crops: socio-economic and environmental effects 1996-2004. *AgBioForum*, 8(3), 187 – 196. DOI: 10.4161/gmcr.20061.
- Brookes, G., & Barfoot, P. (2018). Environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996-2016: Impacts on pesticide use and carbon emissions. *GM Crops & Food*, 9(3), 109 - 139, DOI: 10.1080/21645698.2018.1476792.
- Brookes, G. (2021). Environmental Impacts of Genetically Modified (GM) Crop Use: Impacts on Pesticide Use and Carbon Emissions. En A. Riccoch *et al.* (Eds.), *Plant Biotechnology* (pp. 87 - 101). Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-68345-0_7.
- Brookes, G. (2022). Genetically Modified (GM) Crop Use 1996–2020: Environmental Impacts Associated with Pesticide Use Change. *GM Crops & Food*, 13(1), 262–289. DOI: 10.1080/21645698.2022.2118497.
- Castillo, P. (2007). *Insectos y ácaros plagas del cultivo de arroz*. Universidad Nacional de Tumbes.
- Cevher, C., & Altunkaynak, B. (2020). Investigation of Socio-Economic Characteristics of Wheat Producers on Certified Seed Use: The Case of Ankara Province. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 30(1), 115-123.
- Cedeño, J., Cedeño, G., Alcívar, J., Cargua, J., Cedeño, F., Cedeño, G., & Constante, G. (2018). Incremento del rendimiento y calidad nutricional del arroz con fertilización NPK complementada con micronutrientes. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 503 – 509. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2018.04.05
- Das, P., Adak, S., & Lahiri, A. (2020). Genetic Manipulation for Improved Nutritional Quality in Rice. *Frontiers in Genetics*, 11:776. DOI:10.3389/fgene.2020.00776.
- Falck-Zepeda, J. (2010). *Socio - Economic Impact Assessments and Biotechnology: The Experience to Date*. IFPRI, New York.
- Figueroa, L., Diez, R., Gómez, R., & Linares, A. (2019). Beneficios económicos de la semilla certificada en la producción de arroz (*Oryza sativa*) en Perú. *Anales Científicos*, 80(2), 437 – 451. DOI: 10.21704/ac.v80i2.1459.
- Herrera, F., Velasco, C., Denen, H., & Radulovich, R. (1994). Fundamentos

- de análisis económico. Guía para Investigación y Extensión Rural. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. Informe Técnico N° 232. ISBN 9977-57-178-3. Costa Rica.
- Horton, D. (1982). *Partial budget analysis for on-farm potato research*. CIP.
- INIA [Instituto Nacional de Innovación Agraria]. (2017). Liberación de nueva semilla de Arroz. La Puntilla, una variedad productiva y de bajo consumo de agua, de arroz. Mejoramiento genético de arroz en INIA, Vista Florida. <http://www.redagricola.com/pe/5932-2/>.
- Joseph, M., Moonsammy, S., Davis, H., Warner, D., Adams, A., & Oyedotun, T. (2023). Modelling climate variabilities and global rice production: A panel regression and time series analysis. *Heliyon*, 9(4). DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e15480.
- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., & Tette, J. (1992). A Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides [eCommons]. *New York's Food and Life Sciences Bulletin*. 139:1–8. <https://hdl.handle.net/1813/55750>.
- Mahmood, A., Ghani, H.U., & Gheewala, S.H. 2023. Absolute environmental sustainability assessment of rice in Pakistan using a planetary boundary-based approach. *Sustainable Production and Consumption*, 39: 123 – 133. DOI: 10.1016/j.spc.2023.05.016.
- Marenya, P., Erenstein, O., Prasanna, B., Makumbi, D., Jumbo, M., & Beyene, Y. (2018). Maize lethal necrosis disease: Evaluating agronomic and genetic control strategies for Ethiopia and Kenya. *Agricultural Systems*, 162, 220-228. DOI: 10.1016/j.agsy.2018.01.016.
- Maximiliano, D., & Smyth, S. (2022). Ex-ante impact assessment of GM maize adoption in El Salvador. *GM CROPS & FOOD*, 11(2), 70-78. DOI: 10.1080/21645698.2019.1706424.
- Maza, S., Gómez-Oscorima, R., Diez-Matallana, R., & Fernández-Northcote, E.N. (2023). Metodologías de evaluación ex - ante de los beneficios económicos de la biotecnología en el cultivo de papa en Perú. *Anales Científicos*, 84(1), 1 – 19. DOI: 10.21704/ac.v84i1.1363.
- MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego). (2020 a). *Perú: producción, importaciones y precios del arroz*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1230425/nota-informativa_arroz_02.pdf.
- MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego). (2020). Marco orientador de cultivos 2020 Campaña agrícola 2020 – 2021. https://repositorio.midagri.gob.pe/jspui/bitstream/20.500.13036/782/5/Marco_Orientador_de_Cultivos.pdf.
- MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego). (2022). *Observatorio de commodities*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3705028/Commodities%20Arroz%3A%20abr-jun%202022.pdf>.
- MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego). (2023). Observatorio de siembras y perspectivas de producción arroz. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5855273/4344772-observatorio-de-siembras-y-perspectivas-de-produccion-arroz.pdf?v=1712843397>.
- MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego). (2024). Evaluación del avance de siembras marzo 2024. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6049099/5355445-evaluacion-del-avance-de-siembras-marzo-2024.pdf>.
- Ndagi, A.H., Kolo, I.N., Yabagi, A.A., & Garba, Y. (2016). Adoption of production technologies by lowland rice farmers in lavun local government areas of Niger State, Nigeria. *International Journal of Agricultural Extension*, 4(1), 49-56. <http://www.escijournals.net/IJAE>.
- Oladipo, S-U., Mukaila, R., & Adebisi, A. (2022). Analysis of rice production and the impacts of the usage of certified seeds on yield and income in Côte d'Ivoire. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*. DOI:10.1108/JADEE-04-2022-0066.

Anexos

Anexo 1: Presupuestos por hectárea de arroz en la costa norte y selva norte del Perú

Rubros	Lamba-yequé	Piura	San Martín	Esperados estadísticos	
				Tradicional	Certificada
Semilla	837,60	180,00	683,20	riskUniform (180,837,60)	Tradicional*(1+0,1865)
Fertilizantes	716,25	767,94	780,31	riskUniform (716.25,780.31)	Tradicional*(1+0,5288)
Agroquímico	149,89	158,19	138,00	riskUniform. (138,158.19)	tradicional *(1-0,471)
Herbicida	49,50	35,00	0,00	riskUniform. (35,49.5)	Tradicional*(1-0,5198)
Insecticida	44,89	47,00	39,00	riskUniform (39,47)	Tradicional
Mano de obra	2,648,75	3,830,62	1,901,59	riskUniform (1901.59,3830.62)	Tradicional
Mecanización	1,667,50	614,25	855,47	riskUniform (614.25,1667.5)	Tradicional
Agua	2,250,00	1,756,67	100,80	riskUniform(100.8,2250)	Tradicional
Otros gastos	0,00	0,00	0,00		
Costo total	8,319,49	7,342,67	4,459,37	Sumatoria	Sumatoria
Rendimiento	8,763,00	7,545,00	7,489,00	riskUniform(7489,8763)	Tradicional*(1+(riskUniform(10.18,34.16))
Precio chacra	1,23	1,24	1,04	riskUniform(1.04,1.24)	Tradicional

Fuente: Elaborado con información de MIDAGRI (2020) y Figueroa *et al.* (2019)

Anexo 2: Presupuesto parcial de producción por hectárea de arroz

Rubros	Semilla convencional	Semilla certificada	Incrementos
Semilla	508,80	603,69	18,65%
Fertilizantes	748,28	1143,97	52,88%
Fungicidas	105,10	55,56	-47,13%
Herbicidas	24,75	11,88	-51,98%
Insecticidas	43,00	22,73	-47,13%
Mano de obra	2866,11	2866,11	0,00%
Mecanización	1140,88	1140,88	0,00%
Agua	1175,40	658,46	-43,98%
Costo total	6612,31	6503,28	-1,65%
Rendimiento kg/ha	8126,00	9927,53	22,17%
Precio Promedio	1,14	1,14	0,00%
Ingreso total	9263,64	11317,39	22,17%
Margen bruto	2651,34	4814,11	81,57%

Anexo 3: Cambios en los excedentes de los agentes económicos

Año	CEP	CEC	CET
2022			
2023	14,086,750,52	27,771,022,45	41,857,772,97
2024	80,966,816,06	159,620,294,52	240,587,110,58
2025	256,813,288,65	506,289,054,77	763,102,343,43
2026	416,254,657,33	820,616,324,44	1,236,870,981,77
2030	.	.	.
2031	.	.	.
2032	.	.	.
2038	416,254,657,33	820,616,324,44	1,236,870,981,77
Acumulados			

Nota: CEP: Cambio de excedente del productor, CEC: Cambio de excedente del consumidor, CET: Cambio de excedente social.

Anexo 4: Inversión en desarrollo de semillas, transferencia a productores y beneficios netos

Año	IDS	ITP	BN
2022	154,147,075,65		-154,147,075,65
2023		773,004,40	41,084,768,57
2024		414,863,50	240,172,247,08
2025		704,110,90	762,398,232,53
2026		0	1,236,870,981,77
2027		0	1,236,870,981,77
2028		0	1,236,870,981,77
2029		0	1,236,870,981,77
2030		0	1,236,870,981,77
2031		0	1,236,870,981,77
2032		0	1,236,870,981,77
2033		0	1,236,870,981,77
2034		0	1,236,870,981,77
2035		0	1,236,870,981,77
2036		0	1,236,870,981,77
2037		0	1,236,870,981,77
2038		0	1,236,870,981,77

Valor actual neto (VAN) **8,455,484,841.81**

Nota: IDS: Inversión en desarrollo de semillas, ITP: inversión en transferencia a productores, BN: Beneficios netos.

Anexo 5: Elasticidades de demanda y oferta, cambio en el rendimiento y cambio equivalente de rendimiento, cambio de costos de insumos y cambio equivalente de costos por semilla certificada

Año	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2022						
2023	0,35	0,69	0,22	0,321	-0,016	-0,129
2024	0,35	0,69	0,22	0,321	-0,016	-0,129
.
.
2038	0,35	0,69	0,22	0,321	-0,016	-0,129

Nota: (1) Elasticidad de demanda, (2) elasticidad de oferta, (3), cambio en rendimiento, (4) cambio equivalente de rendimiento, (5) cambio de costos insumos y (6) cambio equivalente de costos por semilla certificada.

Anexo 6: Cambio neto de costos de insumos (K potencial), probabilidad de éxito, tasa de adopción, depreciación y $K_{m\acute{a}x}$

Año	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
2022					
2023	0,450	0,85	0,028	1	0,011
2024	0,450	0,85	0,16	1	0,061
2025	0,450	0,85	0,5	1	0,191
2026	0,450	0,85	0,8	1	0,306
2027	0,450	0,85	0,028	1	0,011
2028	0,450	0,85	0,16	1	0,061
2029	0,450	0,85	0,5	1	0,191
2030	0,450	0,85	0,8	1	0,306
2031	0,450	0,85	0,028	1	0,011
2032	0,450	0,85	0,16	1	0,061

Continuación de Anexo 6

2033	0,450	0,85	0,5	1	0,191
2034	0,450	0,85	0,8	1	0,306
2035	0,450	0,85	0,028	1	0,011
2036	0,450	0,85	0,028	1	0,011
2037	0,450	0,85	0,16	1	0,061
2038	0,450	0,85	0,8	1	0,306

Nota: (7) Cambio neto de costos de insumos (K potencial), (8) probabilidad de éxito, (9) tasa de adopción, (10) depreciación y (11) K_{máx}

Anexo 7: Z, precio S/ por tonelada y producción de arroz en el año base

Año	(12)	(13)	(14)
2022			
2023	0,007	1140	3,425,490,57
2024	0,041	1140	3,425,490,57
2025	0,127	1140	3,425,490,57
2026	0,203	1140	3,425,490,57
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
2038	0,203	1140	3,425,490,57

Nota: (12) Z. (13) Precio S/. por tonelada, (14) Producción en toneladas.

Anexo 8: Cálculo del EIQ de campo de semilla convencional

Plaga/ Enfermedad	Nombre científico	Ingrediente Activo (I.A.)	EIQ del I.A.	Concentración (%)	Dosis	EIQ de campo
Sogata	<i>Tagosodes orizicolus</i>	Thiametoxan	33,3	25,0%	400 g/ha	3
		Bupofrezin	35	25,0%	0,5 l/ha	3,9
		Cipermetrina	36,4	20,0%	0,5 l/ha	3,2
		Flupyradifurone	28,7	20,0%	0,5 l/ha	2,6
		Bifenthrin	44,4	10,0%	0,3 l/ha	1,2
		Imidacloprid	36,7	35,0%	0,15 l/ha	1,7
Mosca minadora	<i>Hydrellia wirthi</i>	Fipronil	88,33	20,0%	300 ml/ha	4,3
		Beta-Cyfluthrina	31,6	6,0%	0,15 l/ha	0,3
		Acefato	24,9	75,0%	0,5 kg/ha	8,3
Gusano Cogollero	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Chlorpyrifos	26,9	48,0%	0,75 l/ha	8,6
		Chlorantraniliprole.	18,3	20,0%	0,1 l/ha	0,3
		Chlorfluazuron	30,3	5,0%	600 ml/ha	0,7
Gorgojo de agua	<i>Lissorhoptus oryzophilus</i>	Alpha-cypermethrin	26,7	10,0%	250 ml/ha	0,5
Acaro	<i>Steneotarsonemus spinki</i>	Abamectina	34,7	1,8%	0,2 l/ha	0,1
Mosquilla	<i>Hydrellia spp.</i>	alpha-cypermethrin	26,7	10,0%	250 ml/ha	0,5
		Propineb	16,9	70,0%	2 kg/ha	21,1
Mancha Carmelita	<i>Bipolaris cryzae</i>	Mancozeb	25,7	80,0%	2 kg/ ha	36,7
Quemado	<i>Piricularia oryzae</i>	Tebuconazole	40,3	25,0%	1,5 l/ha	13,5
Coquito	<i>Cyperus rotundus</i>	Bispyribac sodium	11,5	40%	0,2 l/ha	0,8
Total						111,3

Fuente: Castillo (2007)

Anexo 9: Cálculo del EIQ de campo con semilla certificada

Plaga/ Enfermedad	Nombre Científico	Ingrediente Activo (I.A.)	EIQ del I.A.	Concentración (%)	Dosis	EIQ de campo
Gusano Cogollero	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Chlorpyrifos	26,9	48,0%	0,75 l/ha	8,6
		Chlorantraniliprole	18,3	20,0%	0,1 l/ha	0,3
		Chlorfluazuron	30,3	5,0%	600 ml/ha	0,7
Gorgojo de agua	<i>Lissorhoptrus oryzophilus</i>	Alpha-cypermethrin	26,7	10,0%	250 ml/ha	0,5
Acaro	<i>Steneotarsonemus spinki</i>	Abamectina	34,7	1,8%	0,2 l/ha	0,1
Mancha Carmelita	<i>Bipolaris cryzae</i>	Propineb	16,9	70,0%	2 kg/ha	21,1
		Mancozeb	25,7	80,0%	5 kg/ ha	36,7
Quemado	<i>Piricularia Oryzae</i>	Tebuconazole	40,3	25,0%	1,5 l/ha	13,5
Coquito	<i>Cyperus rotundus</i>	Bispyribac sodium	11,5	40%	0,2 l/ha	0,8
					Total	82,3

Fuente: En base a Castillo (2007)