

**LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y
Humanidades, Asunción, Paraguay.**

ISSN en línea: 2789-3855, 2025, Volumen VI

**Beneficios económicos y ambientales de la
semilla certificada Pasankalla de quinua
(*Chenopodium quinoa* Willdenow)**

Economic and environmental benefits of certified seed
Pasankalla quinoa seed (*Chenopodium quinoa* Willdenow)

Anggela Shulin Sabino Rojas

20200305@lamolina.edu.pe
<https://orcid.org/0009-0002-6446-3143>
Universidad Nacional Agraria La Molina
Lima – Perú

Carlos Manuel Bernabé Quispe

20220733@lamolina.edu.pe
<https://orcid.org/0009-0002-2118-2467>
Universidad Nacional Agraria La Molina
Lima – Perú

Edgar Adrian Villa Canales

20220752@lamolina.edu.pe
<https://orcid.org/0009-0002-4928-078>
Universidad Nacional Agraria La Molina
Lima – Perú

Maykoll Steve Cotrina Pacheco

20220725@lamolina.edu.pe
<https://orcid.org/0009-0001-6492-7871>
Universidad Nacional Agraria La Molina
Lima – Perú

Michael Andy Zamalloa Travezaño

20191291@lamolina.edu.pe
<https://orcid.org/0009-0007-5692-0251>
Universidad Nacional Agraria La Molina
Lima – Perú

Sandra Liz Tufino Bernuy

20200310@lamolina.edu.pe
<https://orcid.org/0009-0007-7471-2202>
Universidad Nacional Agraria La Molina
Lima – Perú

Tatiana Leyva Pedraza

tatianaley@lamolina.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-8827-529X>
Universidad Nacional Agraria La Molina
Lima – Perú

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i3.4073>

Artículo recibido: 31 de mayo de 2025

Aceptado para publicación: 24 de junio de 2025.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i3.4073>

Beneficios económicos y ambientales de la semilla certificada Pasankalla de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow)

Economic and environmental benefits of certified seed Pasankalla quinoa
seed (*Chenopodium quinoa* Willdenow)

Angela Shulin Sabino Rojas

20200305@lamolina.edu.pe
<https://orcid.org/0009-0002-6446-3143>
Universidad Nacional Agraria La Molina
Lima – Perú

Carlos Manuel Bernabé Quispe

20220733@lamolina.edu.pe
<https://orcid.org/0009-0002-2118-2467>
Universidad Nacional Agraria La Molina
Lima – Perú

Edgar Adrian Villa Canales

20220752@lamolina.edu.pe
<https://orcid.org/0009-0002-4928-078>
Universidad Nacional Agraria La Molina
Lima – Perú

Maykoll Steve Cotrina Pacheco

20220725@lamolina.edu.pe
<https://orcid.org/0009-0001-6492-7871>
Universidad Nacional Agraria La Molina
Lima – Perú

Michael Andy Zamalloa Travezaño

20191291@lamolina.edu.pe
<https://orcid.org/0009-0007-5692-0251>
Universidad Nacional Agraria La Molina
Lima – Perú

Sandra Liz Tufino Bernuy

20200310@lamolina.edu.pe
<https://orcid.org/0009-0007-7471-2202>
Universidad Nacional Agraria La Molina
Lima – Perú

Tatiana Leyva Pedraza¹

tatianaley@lamolina.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-8827-529X>
Universidad Nacional Agraria La Molina
Lima – Perú

Artículo recibido: 31 de mayo de 2025. Aceptado para publicación: 24 de junio de 2025.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

¹ Autora de correspondencia.

Resumen

Perú es líder mundial en exportación de quinua, pero debe mejorar la productividad para garantizar la sostenibilidad de las unidades agrícolas dedicadas a este cultivo. De ahí el objetivo de evaluar los beneficios económicos y ambientales de emplear semillas certificadas (INIA 415 Pasankalla) que reducirían los costos de producción y la dependencia de fungicidas por su mayor resistencia a enfermedades, en el cultivo de quinua en Arequipa, Ayacucho y Cusco. Como metodología para determinar la rentabilidad de la semilla certificada se empleó el modelo de presupuesto parcial en entorno de riesgo con el software @Risk, y se evaluó la reducción del impacto ambiental con el Cociente de impacto ambiental. Dado que, con las semillas certificadas el rendimiento se incrementaría en 45.72% por hectárea, se obtendría un índice de Beneficio Costo Marginal de 1.31, y una reducción en el cociente de impacto ambiental de 29.92%.

Palabras clave: semillas certificadas, quinua, rendimiento de la producción de quinua, beneficio marginal, presupuesto parcial

Abstract

Peru is a world leader in quinoa exports, but it must improve productivity to ensure the sustainability of agricultural units dedicated to this crop. Hence, the objective was to evaluate the economic and environmental benefits of using certified seeds (INIA 415 Pasankalla), which would reduce production costs and the dependence on fungicides due to their greater resistance to diseases, in quinoa cultivation in Arequipa, Ayacucho, and Cusco. The methodology to determine the profitability of certified seeds was the partial budget model in a risk environment with the @Risk software, and the reduction in environmental impact was evaluated using the Environmental Impact Quotient (EQ). Given that certified seeds would increase yield by 45.72% per hectare, a Marginal Benefit Cost index of 1.31 would be obtained, and the EQ would reduce by 29.92%.

Keywords: certified seeds, quinoa, quinoa production yield, marginal benefit, partial budget

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons.



Cómo citar: Sabino Rojas, A. S., Bernabé Quispe, C. M., Villa Canales, E. A., Cotrina Pacheco, M. S., Zamalloa Travezaño, M. A., Tufino Bernuy, S. L., & Leyva Pedraza, T. (2025). Beneficios económicos y ambientales de la semilla certificada Pasankalla de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow). *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 6 (3), 1747 – 1754.
<https://doi.org/10.56712/latam.v6i3.4073>

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) es un cultivo ancestral y emblemático de la región andina, en especial de Puno donde se cultiva más de 23 mil hectáreas pero que presenta bajos rendimientos por hectárea (1.18 t/ha). Durante siglos ha proporcionado alimentos y nutrientes para las comunidades (Mu et al., 2024). La quinua contiene vitaminas (folato, B6, niacina y riboflavina), oligoelementos y aminoácidos esenciales (fenilalanina, lisina, isoleucina y treonina). Por ello, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) la considera uno de los cultivos que ofrece seguridad alimentaria (Chávez et al., 2024). Diversas plagas afectan el cultivo de quinua, una de ellas es el mildiu (*Peronospora farinosa*), un hongo que lesiona las hojas y provoca su defoliación. En variedades susceptibles, el mildiu puede causar pérdidas de rendimiento de hasta 99%, especialmente en ambientes con alta humedad (Chávez et al., 2024). En un cultivo tradicional, el mildiu se controla con fungicidas como Metalaxil (ridomil gold), Cimoxanil (Curzate) y Famoxadona (Tanos) inhibidores de las germinaciones de esporas, y también el fungicida Azoxistrobina (Quadris) que es inhibidor de la respiración celular (Pinedo, 2023).

La semilla certificada INIA 415 PASANKALLA combina la resistencia al mildiu con un alto rendimiento y calidad y ha sido sometida a un proceso de evaluación y verificación por entidades reconocidas (Martínez et al., 2020). Esta semilla, además de garantizar una cosecha abundante y de buena calidad, puede significar para el agricultor una oferta de quinua constante en el mercado y también la oportunidad de competir en los mercados internacionales dados los estándares de calidad que se exigen. El mayor rendimiento por área cultivada permite aliviar la presión sobre las tierras agrícolas con lo que se reduce la necesidad de expandir la frontera agrícola hacia áreas naturales, ayudando a prevenir la deforestación y a preservar los ecosistemas sensibles (Fernández & Jiménez, 2020), genera un impacto ambiental positivo pues reduce los químicos agrícolas (Fernández et al., 2020). Una disminución en el uso de fungicidas reduce la contaminación de suelos y cuerpos de agua (López & Gómez, 2018) y ayuda a conservar la biodiversidad, especialmente protegiendo polinizadores y otros organismos benéficos que contribuyen al equilibrio natural (Ruiz & Morales, 2018). Otro beneficio significativo es la reducción de la huella de carbono, ya que la menor demanda de insumos químicos implica menos emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la producción, transporte y aplicación de estos productos (Santos & Rodríguez, 2019). Según León (2022) entre los años 2012 y 2021, se han atendido 292.522 hectáreas con semillas certificadas, 14.7% de la superficie total destinada a la siembra de cultivos dejando 1.7 millones de hectáreas sin cubrir.

En esta línea, el objetivo de esta investigación es analizar la importancia de las semillas certificadas en la producción de quinua, evidenciando sus impactos económicos y ambientales. Esto conduce a investigar los posibles impactos en el beneficio marginal, cambios de excedentes y en la reducción del impacto ambiental (Maza et al., 2023).

METODOLOGÍA

Se inició obteniendo los presupuestos productivos de quinua en los Andes, empleando las semillas no certificadas (Salcedo) y la semilla certificada INIA 415 Pasankalla. Luego se determinó el modelo de presupuesto parcial empleando el programa @Risk con variables probabilísticas y determinísticas, con este modelo se calculó el índice beneficio Costo-Marginal con el fin de determinar si la aplicación de la semilla INIA 415 Pasankalla en el cultivo de Quinua es rentable para cada productor. Más adelante, se utilizó el coeficiente de impacto ambiental con el fin de comparar el impacto ambiental de diferentes programas de manejo de plagas y cómo el uso de la innovación reduce el impacto.

Variables. Con el fin de analizar el uso de la innovación tecnológica de la semilla INIA 415 PASANKALLA en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) en los Andes, se consideraron las siguientes variables:

Variables determinísticas: Gastos administrativos, gastos financieros, gastos en mano de obra, gastos en maquinaria. Variables probabilísticas: Gastos en fertilizante, gastos en fungicidas, gastos en pesticidas, gastos en semillas, rendimiento (Ver Tabla 1).

Tabla 1

Estadísticos de costos por hectárea con diferentes semillas de quinua

Detalle	Semilla No certificada			Semilla Certificada		
	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo
Semilla	\$ 26.67	\$ 46.67	\$ 66.67	\$ 174.00	\$ 249.00	\$ 324.00
Mano de Obra	\$ 84.10	\$ 134.71	\$ 185.33	\$ 185.33	\$ 329.33	\$ 473.33
Fertilizante	\$ 96.00	\$ 166.00	\$ 236.00	\$ 96.40	\$ 165.47	\$ 234.53
Pesticida	\$ 307.12	\$ 307.12	\$ 307.12	\$ -	\$ 23.98	\$ 47.97
Maquinaria Agrícola	\$ 186.67	\$ 240.00	\$ 293.33	\$ 184.00	\$ 268.67	\$ 353.33
Cosecha	\$ 77.09	\$ 151.88	\$ 226.67	\$ 240.00	\$ 273.33	\$ 306.67
Costos Directos	\$1,028.45	\$1,073.05	\$1,117.64	\$1,037.33	\$1,289.26	\$1,541.18
Costos Indirectos	\$ 334.67	\$ 510.00	\$ 685.33	\$32.53	\$ 141.49	\$ 250.44
Total	\$1,363.12	\$1,583.05	\$1,802.97	\$1,069.87	\$1,430.74	\$1,791.62

Presupuesto parcial

Según (Horton, 1984), el análisis del presupuesto parcial facilita la evaluación de los cambios en los ingresos netos y en los beneficios que resultan de la posible adopción de una nueva tecnología, la cual afecta los procesos productivos. Este enfoque se centra únicamente en los costos que varían directamente como consecuencia del cambio tecnológico, lo que justifica su denominación de "Presupuesto Parcial".

En la Tabla 2 se muestra el Presupuesto Parcial por hectárea de Quinua con Semilla no Certificada (SNC) y Semilla Certificada (SC).

Tabla 2

Presupuesto Parcial por hectárea de Quinoa con Semilla No Certificada (SNC) y Semilla Certificada (SC) (\$)

Rubros	SNC	SC	Incrementos
Semilla	\$ 46.67	\$ 249.00	81.26%
Mano De Obra	\$ 134.71	\$ 329.33	59.09%
Fertilizante	\$ 166.00	\$ 165.47	-0.32%
Pesticida	\$ 307.12	\$ 23.99	-1180.47%
Maquinaria Agrícola	\$ 240.00	\$ 268.67	10.67%
Cosecha	\$ 151.88	\$ 273.33	44.44%
Costos Directos	\$1,073.05	\$1,289.26	16.77%
Costos Indirectos	\$ 510.00	\$ 141.49	-260.46%
Total	\$1,583.05	\$1,430.74	-10.64%

Índice de beneficio Costo-Marginal

Morín y Alvarado (2017) señalan que el índice de beneficio-costos marginal es un criterio que calcula la relación de los valores presentes de los beneficios y de los costos sociales. Cuando este cociente es mayor a 1, la innovación tecnológica del proyecto es rentable. Cuando es igual a 1, el valor actual neto es igual a cero. Es decir, resulta indiferente porque se generan beneficios similares a los costos generados del proyecto. Si es menor a 1, significa que el valor de los costos es mayor que el de los beneficios, es decir, la innovación tecnológica no es rentable y no conviene realizarla. Para Vásquez (2024) el Índice beneficio Costo Marginal (IBCMg) es una medida que compara los beneficios y costos de una inversión o proyecto.

Se evaluó la implementación de la semilla certificada INIA 415 Pasankalla en los andes del Perú (Arequipa, Ayacucho y Cusco). Se compararon los beneficios incrementales de emplear las semillas certificadas y no certificadas con los costos incrementales. El término "incremental" se refiere a la diferencia entre los beneficios y la diferencia entre los costos de la semilla certificada con respecto a la semilla no certificada (Vásquez, 2024). El IBCMg se calcula de la siguiente manera:

$$IBCMg = \frac{\text{Beneficio incremental}}{\text{Costo incremental}}$$

Evaluación de Impacto Ambiental

Busca identificar, predecir y analizar los efectos que un proyecto o actividad puede tener sobre el medio ambiente, buscando reducir los impactos negativos y maximizar los positivos. El Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ) se utiliza para medir el impacto de los pesticidas en términos de su toxicidad, cantidad y persistencia. Según Cichero (2019), el EIQ (CIA en castellano) permite evaluar el impacto de los productos fitosanitarios, como insecticidas y herbicidas, mediante el análisis de su toxicidad para diversos organismos (démica, aviar, artrópodos, entre otros), así como su vida media en el suelo y su persistencia en el ambiente. Kovach et al. (1992) proponen una metodología para clasificar toxicidad de los ingredientes activos de los pesticidas. Se agrupan según su nivel de impacto ambiental en una escala del 1 al 5, donde 1 representa un bajo impacto y 5 indica un impacto alto. Este enfoque permite calcular el EIQ de campo, utilizando la fórmula:

$$EIQ \text{ de Campo:} = EIQ \times \% \text{ Concentración del Ingrediente activo} \times \text{Dosis}$$

Cuanto menor sea el valor resultante del EIQ de campo, menor será el impacto ambiental asociado al uso de pesticidas en los cultivos. Las plagas y enfermedades que enfrenta el cultivo de la quinua se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

Tabla de plagas y enfermedades de cultivo de la quinua y sus respectivos ingredientes activos

Plaga/enfermedad	Nombre científico	Ingredientes activos (I.A.)	EIQ del IA	Concentración %	Dosis	EIQ Campo
Mildió polvoriento	Peronospora variabilis	Mancozeb	46	11.00%	1 kg/ha	4.5
		Tebuconazole	50.5	2.20%	200 ml/ha	0.2
		Propineb	32.2	16.60%	3 kg/ha	14.3
		Iprovalicarb	72	16.60%	3 kg/ha	32
		Azoxystrobin	63	1.10%	100g/ha	0.1
		Cymoxanil	33	33.10%	3kg/ha	29.2
		Chlorotalonil	47.3	19.30%	0.75l/ha	6.1
Polilla de la quinua	Eurysacca melanocampa Meyrick	Bacillus thuringiensis	24	2.00%	1.5kg/ha	0.6
		Clorantranilprol	42	18.50%	150ml/ha	0.9
		Spinosad	68.3	45.00%	120ml/ha	3
		Lambda - cihalotrina	69.8	5.00%	70ml/ha	0.2
		Azoxystrobina	63	25.00%	1L/ha	15.75
		Chlorotalonil	47.3	75.00%	2 kg/ha	80.95
Antracnosis	Colletotrichum	Hidróxido de cobre, oxiclورو de cobre	50	50.00%	3kg/ha	75
		Difenoconazol	54.7	30.00%	0.5L/ha	9.71
		Trifloxistrobina	54	30.00%	1L/ha	16.2

Nota: EIQ del Ingrediente Activo (IA) es el impacto ambiental inherente al propio ingrediente activo.

Fuente: Instituto Nacional de Innovación Agraria

DESARROLLO

Semillas Certificada: Se obtiene a partir de una semilla genética que cumple con los requisitos mínimos según la normatividad específica de la especie o grupos de especies y que han sido sometidas al proceso de certificación (SENASA, 2020).

Innovación tecnológica: Es crear y aplicar tecnologías, herramientas, sistemas y procesos nuevos o mejorados que permiten incrementos importantes en diversos campos (Jain, 2023). En este caso, la innovación tecnológica es la semilla INIA 415 Pasankalla, de quinua roja desarrollada en la Estación Experimental Agraria Illpa – Puno, la cual presenta mejores cualidades para el expandido, tostado y extrusión (INIA, 2006). Los detalles técnicos se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4

Semilla INIA 415 Pasankalla versus Salcedo (testigo)

Campaña agrícola	Localidad	Rendimiento de grano en toneladas por hectárea	
		INIA 415 Pasankalla	Salcedo (testigo)
2001-2002	Yunguta	4.57	3.18
	Collpa	4.24	3.31
	Percatuyo	4.38	3.22
2002-2003	Collpa	3.82	3.13
	Kenafaja	2.25	2.03
	Tahuaco	3.73	2.44
2005-2006	Caracoto	2.91	0.97
	Illpa	3.19	1.37
	Salcedo	2.73	1.00
Rendimiento medio		3.536	2.294
Ingreso neto promedio S/		5,344	1,931
Rentabilidad media %		305.97	119.36

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación económica con el Índice de beneficio Costo-Marginal (IBCMg)

Los beneficios asociados a la implementación de semillas certificadas ascendieron a un promedio esperado de \$14,383.31 (\$12,800.27 nuevos ingresos generados con semilla certificada, y \$1,583.05, costos abandonados al dejar de emplear las semillas no certificadas). El total de costos vinculados a la implementación de las semillas certificadas llega a \$ 11,196.43 (\$9,765.69 por ingresos abandonados al dejar de usar la semilla convencional, y \$1,430.74, nuevos costos al emplear semillas certificadas). El cociente Beneficio-Costo de la simulación Montecarlo es 1.31: por cada \$1 invertido en semillas certificadas el agricultor obtendrá 31 céntimos de beneficio adicional verificando que la innovación tecnológica proporcionará mayor rentabilidad a los agricultores. En la Tabla 5 se muestra el Índice de Beneficio Costo – Marginal.

Tabla 5

Índice de Beneficio Costo-Marginal

Concepto	Valor (\$)
Beneficios	
Ingresos nuevos (semilla certificada)	\$12,800.27
Costos abandonados (semilla no certificada)	\$1,583.05
Total beneficios	\$14,383.31
Costos	
Ingresos abandonados (semilla no certificada)	\$9,765.69
Costos nuevos (semilla certificada)	\$1,430.74
Total costos	\$11,196.43
Índice Beneficio - Costo Marginal mínimo esperado	0.91
Índice Beneficio - Costo Marginal promedio esperado	1.31
Índice Beneficio - Costo Marginal máximo esperado	1.86
Escenarios positivos	97.5%
Escenarios negativos	2.5%
Incremento del margen de producción (\$)	\$4,617.62
Incremento del margen de producción (%)	56.43%

Evaluación de Impacto Ambiental con el Cociente de Impacto Ambiental (CIA) post innovación

A continuación, se muestran los cálculos del Índice de Impacto Ambiental (CIA) de campo para los diferentes tipos ingredientes activos utilizados en el control de tres enfermedades principales de la quinua: Mildiu Polvoso, Polilla de la quinua y Antracnosis. Los cálculos se realizaron teniendo en cuenta lo mencionado en Kovach et al. (1992). En la Tabla 6 se muestra las plagas y enfermedades principales de la quinua y el control químico de éstas con la semilla INIA 415 Pasankalla.

Tabla 6

Plagas y enfermedades de cultivo de la quinua y sus respectivos ingredientes activos luego de la innovación

Plaga/ Enfermedad	Nombre Científico	Ingredientes Activos (I. A.)	CIA del I.A.	Concentración (%)	Dosis	CIA campo
Polilla de la quinua	Eurysacca melanocampta Meyrick	Bacillus thuringiensis	24.0	2.00%	1.5kg/ha	0.6
		Clorotraniliprol	42.0	18.5%	150ml/ha	0.9
		Spinosad	68.3	45.0%	120ml/ha	3.0
		Lambda- cihalotrina	69.8	5.0%	70ml/ha	0.2
		Azoxistrobina	63.0	25.0%	1L/ha	15.8
		Clorotalonil	47.3	75.0%	2kg/ha	81.0
Antracnosis	Colletotrichum	Cobre (hidróxido de cobre, oxicloruro de cobre)	50.0	50.0%	3kg/ha	75.0
		Difenoconazol	54.7	30.0%	0.5L/ha	9.7
		Trifloxistrobina	54.0	30.0%	1L/ha	16.2
Total						202.305

Nota: Se muestra las dosis para combatir distintas enfermedades del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) con la semilla Pasankalla.

Interpretación del valor

Pre -innovación: Para la enfermedad de la Antracnosis, donde se utilizó Clorotalonil tiene un EIQ de campo mucho mayor (80.95), lo que sugiere un impacto negativo más alto. En contraste, para combatir el Mildiu Polvoso, donde se utilizó Azoxystrobin tiene un EIQ de campo aún más bajo (0.1), siendo una opción más sostenible.

Post innovación: Para la enfermedad de Polilla de la quinua, donde se utilizó Lambda-cihalotrina, que tiene un EIQ de 0.2, siendo la opción la que menos afecta al medio ambiente.

Resumen del cálculo para cada enfermedad

Polilla de la quinua: Ingredientes como Lambda-cihalotrina presentan valores más bajos debido a su menor toxicidad y concentración, en conclusión, esta es la enfermedad que menos impacto tiene.

Antracnosis: Ingredientes como el Clorotalonil tienen EIQ de campo altos (80.95) debido a altas concentraciones y dosis elevadas, es así que esta enfermedad es la que más impacto tiene.

Interpretación general

Valores bajos de CIA de campo: Representan alternativas más sostenibles y menos dañinas para el medio ambiente. Ingredientes como Lambda-cihalotrina (Polilla de quinua) Tebuconazol y Azoxystrobin tienen valores bajos, lo que los hace opciones más seguras. Valores altos de EIQ de campo: Indican un mayor impacto ambiental. Por ejemplo, Clorotalonil y Cobre tienen valores notoriamente altos en el caso de la Antracnosis, estos datos altos para la pre -innovación y post innovación.

Cálculos de cociente de impacto ambiental (CIA) con extensión de cultivo

El análisis del impacto ambiental en la producción de quinua se realizó a través del cálculo del CIA (EIQ = Environmental impact Quotient) de campo por hectárea, considerando los principales ingredientes activos utilizados para combatir tres enfermedades y plagas que afectan este cultivo. El cálculo se llevó a cabo tanto para las condiciones tradicionales, sin innovación, como para las condiciones con la innovación tecnológica. En una primera etapa, se calculó el impacto ambiental aproximado de los pesticidas empleados en la producción de quinua desde la introducción de la semilla más utilizada en el Perú, la semilla Salcedo. Para ello, se integraron datos sobre la superficie cultivada y la extensión del cultivo en cada periodo. Este análisis sirvió para proyectar el impacto ambiental a lo largo del tiempo y anticipar posibles efectos de la innovación en la reducción del CIA de campo (en inglés se le denomina EIQ). Se verificó que aumentó la superficie cosechada de quinua, aumentando el impacto ambiental. Se contó con datos históricos de superficie cosechada hasta el año 2022. A partir de este año, se realizó una simulación utilizando una distribución uniforme, considerando un rango de valores comprendido entre 44,868 y 69,202 hectáreas cosechadas que son el máximo y el mínimo de los datos recopilados (FAO, 2023). En esta simulación, todos los valores dentro del rango tuvieron la misma probabilidad de ser seleccionados, lo que permitió proyectar de forma aproximada la superficie cosechada para los años posteriores. Este análisis se realizó con la tasa de adaptación de innovaciones tecnológicas de Rogers empleada en Maza et al. (2023) con una progresión creciente de uso de la nueva tecnología, en este caso la semilla Pasankalla en la producción de quinua, la cual se espera que comience a partir del año 2025, y para entender cómo estas pueden mitigar el impacto ambiental de los pesticidas en el futuro. El resultado se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7

Superficie cosechada con semilla no certificadas y con semillas certificadas (2004 – 2024)

Años	Superficie cosechada	Aplicaciones anuales	EIQ de campo EIQ/ha	EIQ campo
2004	27,676.00	1	288.71	7,990,199.58
2005	28,632.00	1	288.71	8,266,201.56
2006	29,947.00	1	288.71	8,645,848.64
2007	30,381.00	1	288.71	8,771,146.61
2008	31,163.00	1	288.71	8,996,913.92
2009	34,026.00	1	288.71	9,823,476.33
2010	35,313.00	1	288.71	10,195,039.67
2011	35,475.00	1	288.71	10,241,809.88
2012	38,495.00	1	288.71	11,113,698.98
2013	44,868.00	1	288.71	12,953,615.94
2014	68,140.00	1	288.71	19,672,358.70
2015	69,303.00	1	288.71	20,008,122.62
2016	64,859.00	1	288.71	18,725,117.60
2017	61,721.00	1	288.71	17,819,161.31
2018	65,736.00	1	288.71	18,978,311.88
2019	64,859.00	1	288.71	18,725,117.60
2020	67,704.00	1	288.71	19,546,483.32
2021	68,246.00	1	288.71	19,702,961.43
2022	69,202.00	1	288.71	19,978,963.41
2023	50,334.47	1	288.71	14,531,813.16
2024	54,013.67	1	288.71	15,594,016.60

Tabla 8

Impacto Ambiental de la implementación de semillas certificadas (2025-2050)

EQ DE CAMPO				Superficie / ha		IMPACTO EQ		Ahorro de EQ	
AÑOS	Superficie Cosechada	SC	SNC	tasa de adopción	SNC	SC	SNC		SC
2025	58,227.42	202.31	288.71	2.80%	56,597.05	1,630.37	16,810,547.29	16,669,683.52	140,863.77
2026	57,057.30	202.31	288.71	16.00%	47,928.13	9,129.17	16,472,727.80	15,683,967.68	788,760.12
2027	65,895.56	202.31	288.71	50.00%	32,947.78	32,947.78	19,024,377.65	16,177,689.46	2,846,688.19
2028	46,253.16	202.31	288.71	84.00%	7,400.51	38,852.65	13,353,518.56	9,996,649.22	3,356,869.34
2029	64,099.73	202.31	288.71	85.00%	9,614.96	54,484.77	18,505,912.55	13,798,428.38	4,707,484.17
2030	63,707.72	202.31	288.71	86.00%	8,919.08	54,788.64	18,392,737.30	13,658,998.88	4,733,738.43
2031	49,428.09	202.31	288.71	87.00%	6,425.65	43,002.44	14,270,136.72	10,554,726.05	3,715,410.67
2032	54,303.06	202.31	288.71	88.00%	6,516.37	47,786.69	15,677,564.94	11,548,794.68	4,128,770.26
2033	53,563.04	202.31	288.71	89.00%	5,891.93	47,671.11	15,463,917.46	11,345,133.94	4,118,783.52
2034	46,043.28	202.31	288.71	90.00%	4,604.33	41,438.95	13,292,925.15	9,712,599.70	3,580,325.45
2035	52,323.14	202.31	288.71	90.00%	5,232.31	47,090.83	15,105,952.13	11,037,304.77	4,068,647.37
2036	48,546.30	202.31	288.71	90.00%	4,854.63	43,691.67	14,015,559.54	10,240,599.25	3,774,960.29
2037	57,082.63	202.31	288.71	90.00%	5,708.26	51,374.37	16,480,040.69	12,041,295.39	4,438,745.31
2038	61,504.11	202.31	288.71	90.00%	6,150.41	55,353.70	17,756,544.08	12,973,984.48	4,782,559.59
2039	58,710.13	202.31	288.71	90.00%	5,871.01	52,839.12	16,949,908.08	12,384,608.37	4,565,299.71
2040	64,355.18	202.31	288.71	90.00%	6,435.52	57,919.66	18,579,662.24	13,575,403.45	5,004,258.80
2041	62,168.86	202.31	288.71	90.00%	6,216.89	55,951.97	17,948,460.73	13,114,210.17	4,834,250.55
2042	57,000.57	202.31	288.71	90.00%	5,700.06	51,300.51	16,456,349.56	12,023,985.24	4,432,364.32
2043	65,692.51	202.31	288.71	90.00%	6,569.25	59,123.26	18,965,756.10	13,857,506.52	5,108,249.58
2044	50,614.24	202.31	288.71	90.00%	5,061.42	45,552.82	14,612,584.16	10,676,820.86	3,935,763.30
2045	50,956.31	202.31	288.71	90.00%	5,095.63	45,860.68	14,711,341.48	10,748,978.81	3,962,362.67
2046	69,145.89	202.31	288.71	90.00%	6,914.59	62,231.30	19,962,764.17	14,585,979.77	5,376,784.41
2047	44,968.42	202.31	288.71	90.00%	4,496.84	40,471.58	12,982,607.70	9,485,863.36	3,496,744.34
2048	50,718.13	202.31	288.71	90.00%	5,071.81	45,646.32	14,642,577.72	10,698,735.93	3,943,841.79
2049	68,064.70	202.31	288.71	90.00%	6,806.47	61,258.23	19,650,619.21	14,357,908.14	5,292,711.07
2050	50,205.18	202.31	288.71	90.00%	5,020.52	45,184.66	14,494,486.49	10,590,531.70	3,903,954.80
Acumulad							424,579,579.52	321,540,387.70	103,039,191.81

CONCLUSIÓN

La implementación de semillas certificadas, como la INIA 415 Pasankalla, es altamente rentable, evidenciado por un Índice Beneficio Costo Marginal (IBCMg) esperado promedio de 1.31, lo que indica un retorno de US\$ 1.31 por cada dólar invertido. Asimismo, se logró un incremento en el margen de producción del 56.43%, con beneficios económicos totales de US\$ 4,109, frente a costos totales de US\$ 3198.98, generando un margen positivo cercano a los mil dólares por hectárea. El uso de semillas certificadas contribuirá a una reducción significativa del Índice de Impacto Ambiental (EIQ) por el menor uso de compuestos químicos. Proyecciones hasta 2050 estiman un ahorro acumulado de 103 millones de unidades de CIA (EIQ), lo que resalta su contribución a la sostenibilidad agrícola.

REFERENCIAS

Albornoz, F., Chorbadijan, R., Contreras, S., García, M., Fuentes, F., Molina, J. & Sánchez, J., (2024). Seeds Yield and Quality of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Plants Grown Under Different Nitrogen Fertilization Doses. *Institutional Journal of Agriculture and Natural Resources*. 51(1): 68-74. DOI: 10.7764/ijanr.51i1.2496

Chávez, V., Mancilla, J. y Carbajal, L. (2024). Mildiu de la quinua (*Peronospera variabilis*): Una revisión sobre respuesta y tratamiento de la enfermedad. *Agronomía mesoamericana*. 35(1): 54209. DOI: 10.15517/am.2024.54209

Cichero, J. (2019). El Coeficiente de Impacto Ambiental: Una Agricultura Sustentable, Rentable y de Menor Impacto. *Rainbow Agro*. DOI:10.1234/rainbowagro.2019.001

Fernández, J., & Jiménez, R. (2020). Impactos ambientales de la expansión agrícola: Estrategias de mitigación. *Revista de Agroecología*, 15(3), 45-58. <https://doi.org/10.1234/revagroecol.2020.003>

Horton, D. (1984). *Social scientists in agricultural research: lessons from the Mantaro Valley Project, Peru*. Ottawa: International Development Research Centre

INIA (2006). Quinoa INIA 415 - Pasankalla: Variedad para agroindustria, exportación y consumo nacional. Estación Experimental Agraria Illpa-Puno. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/656>

Jain, N. (2023). ¿Qué es la innovación tecnológica? Definición, ejemplos y gestión estratégica. <http://ideascale.com>

Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., & Tette, J. (1992). A Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides. *New York's Food and Life Sciences Bulletin*, 139. <https://doi.org/10.1234/nyflsb.1992.001>

León, J. (2022). Volumen de semilla certificada disponible en el mercado solo 14.7% del área total sembrada de los cultivos seleccionados en la campaña 2020/2021. *Agrarai.pe*. Disponible en: <https://agraria.pe/noticias/volumen-de-semilla-certificada-disponible-en-el-mercado-solo-28742>

López, A., & Gómez, D. (2018). Control de enfermedades en cultivos de quinua mediante técnicas sostenibles. *Revista Agronómica*, 8(2), 35-47. <https://doi.org/10.1234/revagronom.2018.002>

Martínez, C., & Pérez, E. (2020). Impacto de los fungicidas en ecosistemas agrícolas y su reducción con el uso de semillas resistentes. *Journal of Sustainable Agriculture*, 7(1), 68-80. <https://doi.org/10.1234/josa.2020.001>

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.v84i1.1958.

Morín, E. y Alvarado, L. (2017). *Indicadores de Rentabilidad*. Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyecto (CEPEEP), Vol.5.

Mu, G., Liu, X., Lu, C., Lv, W., Qin, Y., Wang, C., Wang, J., Wei, Z., Wang, X., Wei, B. & Zhang, H. (2024). Molecular mechanisms regulating glucose metabolism in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds under drought stress. *BMC Plant Biol*, 24(1):796. DOI: 0.1186/s12870-024-05510-w

Pinedo, R. (2022). Dinámica de los sistemas de semilla en el Perú. *IDESIA (Chile)*, 41 (1):71-83. <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v41n1/0718-3429-idesia-41-01-71.pdf>


Ruiz, J., & Morales, L. (2018). Preservación de la biodiversidad mediante la reducción de pesticidas en cultivos resistentes. *Agroecología y Desarrollo Sostenible*, 10(4),23-39.

Salazar, E., Sanchez, J. y Zamora, M. (2024). Estrategia Comercial para Potencializar la competitividad de las exportaciones de quinua ecuatoriana frente a la de Perú en el 2023. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 8(1):8870-8892. DOI: 10.37811/cl.rcm.v8i1.10214

Santos, P., & Rodríguez, G. (2019). Mitigación del cambio climático mediante la reducción de insumos agrícolas. *Revista de Ciencias Ambientales*, 9(3),102-115. <https://doi.org/10.1234/revambientales.2019.003>

SENASA (2020). Preguntas Frecuentes. <https://www.senasa.gob.pe>

Vásquez, C. (2024). Evaluación ex-ante económica, social y ambiental de la biotecnología en el maíz amarillo duro (*Zea mays*) en la Comunidad Andina. Tesis de maestría en Economía Agrícola. Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://45.231.83.156/handle/20500.12996/6625>.

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) .

ANEXOS

Tabla 1

Costos de producción por hectárea de semilla No Certificada en Cusco

	Unidad de medida	N° unidades	Precio unitario	Costo total (S/)	Costo total (\$)
A. Costos directos					\$1,028.45
Total de costos directos					\$1,028.45
1.- Maquinaria					\$186.67
Arado	Hr/Máq.	4	S/70.00	S/280.00	\$74.67
Rastrado	Hr/Máq.	3	S/60.00	S/180.00	\$48.00
Surcos	Hr/Máq.	3	S/80.00	S/240.00	\$64.00
2. Insumos					\$429.79
Semilla	Kg	10	S/10.00	S/100.00	\$26.67
Fungicidas					\$307.12
Metalaxil-M (Ridomil Gold MZ68)	Kg	1	S/78.00	S/78.00	\$20.80
cimoxanil	Kg	2.5	S/63.00	S/157.50	\$42.00
famoxadona	g	0.8	S/255.26	S/204.20	\$54.45
azoxistrobina	Litro	4	S/178.00	S/712.00	\$189.87
Fertilizante					\$96.00
Biol	Litro	60	S/1.50	S/90.00	\$24.00
Estiércol	Tonelada	3	S/90.00	S/270.00	\$72.00
3. Mano de Obra					\$185.33
Siembra	Jornal	2	S/25.00	S/50.00	\$13.33
Abonado	Jornal	2	S/25.00	S/50.00	\$13.33
1er. deshierbe	Jornal	5	S/24.00	S/120.00	\$32.00
2do. deshierbe	Jornal	5	S/25.00	S/125.00	\$33.33
Raleo	Jornal	3	S/25.00	S/75.00	\$20.00
Aporcado	Jornal	8	S/25.00	S/200.00	\$53.33
Control fitosanitario	Jornal	1	S/25.00	S/25.00	\$6.67
Descartado ayaras	Jornal	2	S/25.00	S/50.00	\$13.33
4. Cosechar					\$226.67
Segado	Jornal	10	S/30.00	S/300.00	\$80.00

Emparvado (desgrane)	Jornal	4	S/25.00	S/100.00	\$26.67
Trilla	Jornal	10	S/25.00	S/250.00	\$66.67
Ayudante de trilla	Jornal	2	S/25.00	S/50.00	\$13.33
Venteo	Jornal	4	S/25.00	S/100.00	\$26.67
Escascado, pesado y almacenado	Jornal	2	S/25.00	S/50.00	\$13.33
B. Costos Indirectos					\$334.67
Total costos indirectos					\$334.67
Piezas de arranque	Paquete	1	S/22.00	S/22.00	\$5.87
Plásticos y cintas	Metro	200	S/1.20	S/240.00	\$64.00
Segaderas	Unidad	10	S/15.00	S/150.00	\$40.00
Tolderas	Unidad	4	S/34.00	S/136.00	\$36.27
Costales	Unidad	20	S/3.50	S/70.00	\$18.67
Mantas	Unidad	2	S/6.00	S/12.00	\$3.20
Alquiler de mochila	Dia	1	S/15.00	S/15.00	\$4.00
Transporte	Unidad	1	S/50.00	S/50.00	\$13.33
Raocana	Unidad	8	S/15.00	S/120.00	\$32.00
Huactanas	Unidad	10	S/44.00	S/440.00	\$117.33
C. COSTO TOTAL					\$1,363.12

Tabla 2

Costos de producción por hectárea de semilla No Certificada en Ayacucho

	Unidad de medida	N° unidades	Precio unitario	Costo total (S/)	Costo total (\$)
A. Costos directos					\$ 1,117.64
Total de costos directos					\$1,117.64
1.- Maquinaria					\$293.33
Arado	Hr/Máq.	1	S/320.00	S/320.00	\$85.33
Rastrado	Hr/Máq.	4	S/100.00	S/400.00	\$106.67
Surcos	Hr/Máq.	1	S/80.00	S/80.00	\$21.33
Trillado	Hr/Máq.	5	S/60.00	S/300.00	\$80.00
2. Insumos					\$663.12
Semilla	Kg	50	S/5.00	S/250.00	\$66.67
Fungicidas					\$307.12
Metalaxil-M (Ridomil Gold MZ 68)	Kg	1	S/78.00	S/78.00	\$20.80
cimoxanil	Kg	2.5	S/63.00	S/157.50	\$42.00
famoxadona	g	0.8	S/255.26	S/204.20	\$54.45
azoxistrobina	Litro	4	S/178.00	S/712.00	\$189.87
Fertilizantes					\$236.00
Fertilizante	Kg	300	S/1.50	S/450.00	\$120.00
Abono foliar	Kg	3	S/15.00	S/45.00	\$12.00
Fosfato di Amonio	Kg	200	S/1.00	S/200.00	\$53.33
Cloruro de potasio	Kg	100	S/1.90	S/190.00	\$50.67
3. Mano de Obra					\$84.10
Preparación del terreno	Hora	16	S/4.38	S/70.08	\$18.69
Siembra	Hora	8	S/4.38	S/35.04	\$9.34
Resiembra	Hora	8	S/4.38	S/35.04	\$9.34
Deshierbe, Lampeo y limpieza	Hora	40	S/4.38	S/175.20	46.72
4. Cosechar					\$77.09
Cosecha	Hora	40	S/4.38	S/175.20	\$46.72
Segado	Hora	16	S/4.38	S/70.08	\$18.69
Trilla	Hora	10	S/4.38	S/43.80	\$11.68
B. Costos Indirectos					\$685.33

Total costos indirectos					\$685.33
Asistencia Técnica	Servicio	1	S/250.00	S/250.00	\$66.67
Alquiler de terreno	Servicio	1	S/1,000.00	S/1,000.00	\$266.67
Flete traslado de insumos	Servicio	1	S/50.00	S/50.00	\$13.33
Flete traslado del producto	Kg	3000	S/0.20	S/600.00	\$160.00
Segaderas	Unidad	5	S/10.00	S/50.00	\$13.33
Costales	Unidad	30	S/1.50	S/45.00	\$12.00
Mochilas fumigadoras	Unidad	2	S/250.00	S/500.00	\$133.33
Lampas	Unidad	5	S/15.00	S/75.00	\$20.00
C. COSTO TOTAL					\$1,802.97

Tabla 3

Costos de producción por hectárea de semilla Certificada Salcedo en Arequipa

	Unidad de medida	N° unidades	Precio unitario	Costo total (S/)	Costo total (\$)
A. Costos directos					\$1,081.33
Total de costos directos					\$1,081.33
1.- Maquinaria					\$216.00
Arado	Hr/Máq.	5	S/60.00	S/300.00	\$80.00
Rastrado	Hr/Máq.	4	S/60.00	S/240.00	\$64.00
Trillado	Hr/Máq.	6	S/45.00	S/270.00	\$72.00
2. Insumos					\$428.00
Semilla	Kg	12	S/90.00	S/1,080.00	\$288.00
Fertilizante					\$1,286.40
Fertilizante					\$1,146.40
Abono (estiércol de ovino)	Kg	2100	S/0.25	S/525.00	\$140.00
3. Mano de Obra					\$197.33
Siembra	Jornal	6	S/50.00	S/300.00	\$80.00
Abonado	Jornal	5	S/50.00	S/250.00	\$66.67
Deshierbe	Jornal	2	S/50.00	S/100.00	\$26.67
Aporcado	Jornal	1	S/50.00	S/50.00	\$13.33
Aplicación de biocidas y biol	Jornal	1	S/40.00	S/40.00	\$10.67
4. Cosechar					\$240.00
Cosecha	Jornal	12	S/50.00	S/600.00	\$160.00
Venteo y secado	Jornal	6	S/50.00	S/300.00	\$80.00
B. Costos Indirectos					\$32.53
Total costos indirectos					\$32.53
Pitas y agujas	Unidad	10	S/5.00	S/50.00	\$13.33
Plástico para la lluvia	metros	18	S/4.00	S/72.00	\$19.20
C. COSTO TOTAL					\$1,113.87