

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“SISTEMAS DE CULTIVO Y SU EFECTO EN EL
COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium
quinoa* Willd.) DE LA REGIÓN ANDINA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

MARCO ANTONIO CHUSHO GUEVARA

**Lima – Perú
2023**












La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación

(Art.24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)

Document Information

Analyzed document	Tesis Marco Chusho SISTEMAS DE CULTIVO Rev Final Igp (Ouriginal).docx (D161416836)
Submitted	2023-03-18 14:56:00
Submitted by	Luz Rayda Gómez Pando
Submitter email	luzgomez@lamolina.edu.pe
Similarity	9%
Analysis address	luzgomez.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / Tesis_Documento_240622.pdf Document Tesis_Documento_240622.pdf (D141681714) Submitted by: hheidinger@lamolina.edu.pe Receiver: hheidinger.unalm@analysis.arkund.com	 5
SA	CARACTERIZACIÓN MORFO AGRONÓMICA DE OCHO ACCESIONES DE QUINUA (Chenopodium quinoa W.) PROVENIENTES DE BOLIVIA, PERÚ Y CHILE, EN EL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR..pdf Document CARACTERIZACIÓN MORFO AGRONÓMICA DE OCHO ACCESIONES DE QUINUA (Chenopodium quinoa W.) PROVENIENTES DE BOLIVIA, PERÚ Y CHILE, EN EL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR..pdf (D137422504)	 4
W	URL: https://www.fao.org/3/i5374s/i5374s.pdf Fetched: 2022-01-22 07:07:37	 7
W	URL: https://web.inia.cl/wp-content/uploads/2015/12/Tierra_Adentro-1-diciembre-Especial-Quinoa.pdf Fetched: 2023-01-26 08:23:46	 2
W	URL: https://www.pucv.cl/uuaa/site/docs/20180316/20180316172222/42_5.pdf Fetched: 2021-01-27 10:02:31	 1
W	URL: https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2014/12/GUIA-BPA-QUINUA.pdf Fetched: 2020-07-06 05:57:05	 2
SA	Parreño Ocaña Jessica Paola.docx Document Parreño Ocaña Jessica Paola.docx (D63863072)	 2
W	URL: https://www.researchgate.net/publication/322406140_RESPUESTA_AGRONOMICA_DE_LA_QUINUA_Chenopodi... Fetched: 2020-01-03 11:55:08	
W	URL: http://52.9.121.169/bitstream/handle/20.500.14077/1378/Elen%20Francisco%20Guevara%20Fern%C3%A1... Fetched: 2022-12-06 19:56:16	 11
SA	Moreta_Katherine_Anti plagio.docx Document Moreta_Katherine_Anti plagio.docx (D133870605)	 1
W	URL: https://agritrop.cirad.fr/550564/1/document_550564.pdf Fetched: 2020-02-13 20:04:44	 2

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“SISTEMAS DE CULTIVO Y SU EFECTO EN EL
COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium
quinoa* Willd.) DE LA REGIÓN ANDINA”**

**Tesis para optar el título de:
INGENIERO AGRÓNOMO**

MARCO ANTONIO CHUSHO GUEVARA

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Dr. Oscar Oswaldo Loli Figueroa
PRESIDENTE

Dra. Luz Rayda Gómez Pando
ASESORA

Dr. Jorge Eduardo Jiménez Dávalos
MIEMBRO

Ing. Mg.Sc. Jorge Tobaru Hamada
MIEMBRO

Ph. D. Rember Emilio Pinedo Taco
CO-ASESOR

Lima – Perú
2023

DEDICATORIA

A mi maravillosa familia

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Luz Rayda Gómez Pando y Dr. Rember Pinedo, por patrocinar la presente tesis, por su apoyo, paciencia, tiempo y dedicación en el asesoramiento, ejecución y revisión del presente trabajo de investigación y por sus palabras de aliento.

Al Programa de Cereales y Granos Nativos de la UNALM por financiar la presente Investigación.

A mis padres Saul Chusho y Nery Guevara, y hermanos Flor y Miguel por su incommensurable apoyo, amor y compañía todos estos años.

Al Sr. Vicente Trinidad, Sra. Carmencita, Sra. Ruthy y a la ingeniera Martha Ibáñez por su tiempo, paciencia, sugerencias y consejos durante el desarrollo de este trabajo.

A los miembros del Programa de Cereales y Granos Nativos: al Dr. Jorge Jiménez, Ing. Gean, Ing. Joao y Carlos, gracias por las facilidades proporcionadas para el uso de las instalaciones y amistad brindada por sus orientaciones y sugerencias brindadas.

A mi segunda familia el círculo de investigación La Orden del Agro, por el apoyo brindado, a las mujeres bellas y fuertes y mis primeras maestras Vanessa Flores, Jeydi Anay, Sofia Vega, Samanta Onocuica, Isabel Requena, Flor de María Quispe, Deysi Mendo, Paola Mendoza, Alfredito Arenaza y Carlitos Huamán por su compañía, amistad y cariño.

A mis compañeros de Tesis en Abraham, Paola, Carlitos y Malu, por su paciencia.

A todos mis amigos con quienes compartí innumerables horas de estudio y de intercambio de conocimientos.

ÍNDICE

I	INTRODUCCIÓN	1
II	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
	2.1 Origen.....	3
	2.2 Clasificación agroecológica	3
	2.3 Zonas de producción de quinua en Perú, Bolivia y Chile	4
	2.3.1 Superficie, producción y rendimientos nacional	4
	2.3.2 Producción de quinua en Chile.....	4
	2.3.3 Producción de quinua en Bolivia.....	5
	2.4 Sistemas de cultivo.....	5
	2.4.1 Agricultura convencional	5
	2.4.2 Agricultura orgánica.....	6
	2.5 Ventajas de la agricultura orgánica	6
	2.6 Rentabilidad del cultivo orgánico	7
	2.7 Requerimiento de la quinua	7
	2.7.1 Rotación de cultivos	8
	2.7.2 Suelo.....	9
	2.7.3 Variedades.....	9
	2.7.4 Preparación del suelo y siembra.....	10
	2.7.5 Fertilización.....	11
	2.7.6 Fertilización con guano de isla.....	11
	2.7.7 Densidad.....	13
	2.7.8 Raleo o desahíje	13
	2.7.9 Aporque.....	13
	2.7.10 Control de malezas	13
	2.8 Control de enfermedades y plagas	14
	2.8.1 Síntomas de mildiú.....	14
	2.8.2 Control orgánico de mildiú	14
	2.8.3 Control convencional de mildiú	15
	2.9 Cosecha	15
	2.10 Siega.....	15
	2.11 Trilla.....	15
	2.12 Introducción de nuevas variedades	16

III	METODOLOGÍA.....	18
3.1	Ubicación	18
3.2	Características climáticas	18
3.3	Características del suelo	19
3.4	Material genético.....	19
3.5	Materiales y equipos:	21
3.6	Operaciones en campo	21
3.6.1	Preparación del campo y Siembra.....	21
3.6.2	Fertilización.....	22
3.6.3	Desahíje o raleo.....	22
3.6.4	Aporque.....	22
3.6.5	Riego	22
3.6.6	Control sanitario.....	22
3.6.7	Daños causados por aves.....	23
3.6.8	Cosecha y poscosecha.....	23
3.7	Variables en evaluación	25
3.7.1	Características agronómicas	25
3.7.2	Características fisiológicas	25
3.7.3	Características de calidad	25
3.8	Respuesta al mildiu	26
3.8.1	Análisis del área bajo la curva de progreso de la enfermedad	26
3.9	Diseño experimental.....	28
3.9.1	Experimento 1: Sistema de cultivo orgánico (SCO)	28
3.9.2	Experimento 2: Sistema de cultivo convencional (SCC)	28
3.10	Análisis Estadístico.....	29
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1	Comportamiento agronómico, la respuesta al mildiú y la calidad de variedades de diverso origen de la región andina en dos sistemas de cultivo.	31
4.1.1	Caracteres agronómicos	31
4.1.1.1	Rendimiento	31
4.1.1.2	Biomasa.....	33
4.1.1.3	Índice de cosecha	34
4.1.1.4	Altura de Planta.....	34
4.1.1.5	Días a la Floración.....	35
4.1.1.6	Días a la Maduración.....	35

4.1.2	Respuesta al mildiu	37
4.1.2.1	Grado de severidad.....	37
4.1.2.2	Análisis del área bajo la curva de progreso de la enfermedad	37
4.1.3	Caracteres de Calidad.....	41
4.1.3.1	Peso de 1000 granos.....	41
4.1.3.2	Porcentaje de Proteína de Granos.....	41
4.1.3.3.	Porcentaje de saponina del grano	41
4.1.4.	Comparativo de los dos sistemas de cultivo en promedio de variedades y de las variedades en promedio de los dos sistemas de cultivo	43
4.1.4.1.	Caracteres agronómicos.....	43
4.1.4	Días a la Maduración.....	45
4.1.4.3.	Caracteres de calidad	54
4.2.	ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA FOTOSINTÉTICA DE CUATRO VARIEDADES PROCEDENTES DE DIVERSAS ZONAS AGROECOLÓGICAS DE LA REGIÓN ANDINA	57
4.3.	EVALUACIÓN DEL COSTO DE PRODUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO	62
4.3.1.	Costos de Producción	62
4.3.2.	Rentabilidad.....	63
V	CONCLUSIONES	65
VI	RECOMENDACIONES.....	66
VII	BIBLIOGRAFÍA	67
VIII	ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación agroecológica de la quinua según su localización.....	3
Tabla 2. Producción, superficie y rendimientos de quinua nacional según región en el periodo de 2015 al 2020 en el Perú.....	4
Tabla 3. Producción, superficie y rendimientos de quinua según región en el año 2007 en Chile.....	5
Tabla 4. Producción, superficie y rendimientos de quinua en Bolivia 2010 - 2020.....	5
Tabla 5. Condiciones óptimas para el desarrollo de la quinua.	8
Tabla 6. Relación de variedades más sembradas de quinua en el Perú, características de calidad y zonas recomendadas de cultivo.	10
Tabla 7. Contenido de elementos nutritivos en el guano de islas.....	12
Tabla 8. Datos climatológicos mensuales de temperatura, humedad y precipitación de la campaña en Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022	18
Tabla 9. Caracterización del suelo del campo experimental en Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.	19
Tabla 10. Características agronómicas y de calidad de grano de cuatro variedades de quinua en estudio	20
Tabla 11. Días a floración y maduración de las variedades en estudio.....	21
Tabla 12. Labores culturales realizadas en el sistema orgánico y convencional en el Valle del Mantaro- Junín. Campana 2021-2022.....	24
Tabla 13. Escala de evaluación de la reacción a mildiú en hojas primarias de quinua.....	27
Tabla 14. Análisis de varianza para rendimiento (kg/ha), biomasa (kg/ha), índice de cosecha (%), altura de planta (cm), floración y maduración (dds) de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.	36
Tabla 15. Rendimiento (kg/ha), biomasa (kg/ha), índice de cosecha (%), altura de planta (cm), floración y maduración (dds) de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de significación Tukey ($\alpha=0.05$).	36

Tabla 16. Análisis de varianza de la respuesta mildiu de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.	39
Tabla 17. Respuesta a mildiu de cuatro variedades de quinua en un sistema orgánico y un sistema convencional (insumos en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de significación Tukey ($\alpha=0.05$)).	39
Tabla 18. Valores de Área bajo la Curva del progreso de la Enfermedad (ABCPE) de mildiu de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico (insumos orgánicos) y un sistema convencional (insumos inorgánicos) en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.	40
Tabla 19. Análisis de varianza para proteína de granos (%) y saponina de granos (%) de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.	42
Tabla 20. Peso de mil granos (g), proteína de granos (%) y saponina de granos (%) de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).	42
Tabla 21. Análisis de varianza combinados para rendimiento (kg/ha), biomasa (kg/ha), índice de cosecha (%), altura de planta (cm) y fase fenológica de floración y maduración (dds) de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.	47
Tabla 22. Rendimiento (kg/ha), biomasa (kg/ha), índice de cosecha (%), altura de planta (cm) y fase fenológica de floración y maduración (dds) de cuatro variedades de quinua en promedio de dos sistemas de cultivo en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).	48
Tabla 23. Rendimiento (kg/ha), biomasa (kg/ha), índice de cosecha (%), altura de planta (cm) y fase fenológica de floración y maduración (dds) de dos sistemas de cultivo en promedio de cuatro variedades de quinua en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).	48

Tabla 24. Análisis de varianza combinado de la respuesta a mildiu de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.	52
Tabla 25. Respuesta a mildiu de cuatro variedades de quinua en promedio de dos sistemas de cultivo en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).	52
Tabla 26. Respuesta a mildiu de dos sistemas de cultivo en promedio de cuatro variedades de quinua en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).	53
Tabla 27. Valores de área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) de mildiu de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.....	53
Tabla 28. Valores del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) de mildiu de dos sistemas de cultivo en promedio de cuatro variedades de quinua en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.	53
Tabla 29. Análisis de varianza combinados para peso de mil granos (g), proteína de granos (%) y saponina de granos (%) de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.	56
Tabla 30. Peso de mil granos (g), proteína de granos (%) y saponinas de granos (%) de cuatro variedades de quinua en promedio de dos sistemas de cultivo en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).....	57
Tabla 31. Peso de mil granos (g), Proteína de granos (%) y Saponinas de granos (%) de quinua de dos sistemas de cultivo en promedio de variedades en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).....	57
Tabla 32. Análisis de varianza del contenido de clorofila en unidades SPAD de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).	59
Tabla 33. Contenido de clorofila en unidades SPAD de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle	

del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).....	59
Tabla 34. Análisis de varianza combinado del contenido de clorofila de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).....	61
Tabla 35. Contenido de clorofila de cuatro variedades de quinua en promedio de dos sistemas de cultivo en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).	61
Tabla 36. Contenido de clorofila de dos sistemas de cultivo de quinua en promedio de variedades en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).	62
Tabla 37. Rentabilidad de las variedades de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.	64
Tabla 38. Costo de producción del sistema de cultivo bajo sistema convencional.....	77
Tabla 39. Costo de producción del sistema de cultivo bajo sistema orgánico.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Índice de esporulación para determinar susceptibilidad o resistencia al mildiú por Inguilan y Pantoja (2007) citado por García et al (2007).....	27
Figura 2. Distribución de los experimentos en el área experimental (DBCA).....	29
Figura 3. Porcentaje de costo de producción un sistema de cultivo convencional (SCC).	62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1:Costo de producción del sistema de cultivo bajo sistema convencional	77
Anexo 2: Costo de producción del sistema de cultivo bajo sistema orgánico.....	78
Anexo 3:Evaluación de las variedades de quinua en el sistema de cultivo orgánico o convencional	80

RESUMEN

La quinua es una especie importante en la región andina por su valor nutritivo y su capacidad de prosperar en zonas marginales. Existe una creciente demanda en el mercado nacional e internacional incrementando su superficie cultivada y el empleo de diversas tecnologías para lograr aumentar los rendimientos. En la presente investigación, se estudiaron las variedades Ancovinto (chilena), Kellu (boliviana), Blanca de Junín y Pasankalla (peruanas) y dos sistemas de cultivo orgánico y convencional en condiciones del Valle del Mantaro, Junín en la sierra central del Perú. Se establecieron experimentos independientes para cada sistema de producción, empleando diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las variedades Pasankalla y Blanca de Junín presentan los mayores rendimientos en ambos sistemas de cultivo. Las variedades Ancovinto y Kellu presentaron muy bajos rendimientos debido principalmente a su alta susceptibilidad al mildiú y a las diferencias ambientales de sus zonas de origen. El mayor rendimiento se observó en la variedad Blanca de Junín con 2494.8 kg/ha superior a la variedad Ancovinto con 159.4 kg/ha en el sistema de cultivo convencional comparado al rendimiento de 2036.45 kg/ha y 120.58 kg/ha en el sistema orgánico para ambas variedades, respectivamente. El contenido de clorofila de las variedades Blanca de Junín y Pasankalla fueron similares en las cuatro fechas evaluadas y con valores más altos que las variedades introducidas en los dos sistemas de cultivo, debido probablemente al mayor daño del área fotosintética de las variedades Ancovinto y Kellu por el mildiú, la enfermedad causada por *Perenospora variabilis*. Los costos de producción en el sistema de cultivo orgánico fueron mayores que los del sistema de cultivo convencional principalmente por el mayor uso de bioplaguicidas y abonos orgánicos.

Palabras claves: Chenopodium quinoa, clorofila, mildiu, sistema de cultivo, zona altoandina

ABSTRACT

Quinoa is an important species in the Andean region for its nutritional value and its ability to thrive in marginal areas. There is a growing demand in the national and international market, increasing its cultivated area and the use of various technologies to increase yields. In the present investigation, the varieties Ancovinto (Chilean), Kellu (Bolivian), Blanca de Junín and Pasankalla (Peruvian) and two organic and conventional cultivation systems were studied under conditions of the Mantaro Valley, Junín in the central highlands of Peru. Independent experiments were established for each production system, using a randomized complete block design with three replicates. The Pasankalla and Blanca de Junín varieties present the highest yields in both cultivation systems. The Ancovinto and Kellu varieties presented very low yields mainly due to their high susceptibility to downy mildew and the environmental differences of their areas of origin. The highest yield was observed in the Blanca de Junín variety with 2494.8 kg/ha, higher than the Ancovinto variety with 159.4 kg/ha in the conventional cultivation system compared to the yield of 2036.45 kg/ha and 120.58 kg/ha in the organic system for both varieties, respectively. The chlorophyll content of the Blanca de Junín and Pasankalla varieties were similar on the four dates evaluated and with higher values than the varieties introduced in the two cultivation systems, probably due to greater damage to the photosynthetic area of the Ancovinto and Kellu varieties by downy mildew, the disease caused by *Perenospora variabilis*. The production costs in the organic farming system were higher than those of the conventional farming system, mainly due to the greater use of biopesticides and organic fertilizers.

Keywords: *Chenopodium quinoa*, chlorophyll, downy mildew, cultivation system, high Andean zone

I INTRODUCCIÓN

La quinua es un grano andino de importancia económica y alimenticia en diversas regiones del Perú y países vecinos. En la actualidad su cultivo se realiza en más de 100 países a nivel mundial. La quinua no solo forma parte de una dieta ancestral de la región andina, sino que ha sido revalorizada a nivel internacional por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) como uno de las especies del futuro a nivel mundial; por sus aportes nutricionales, contenido de aminoácidos esenciales y su contribución a la seguridad alimentaria. Esta revalorización incrementa tanto su demanda nacional e internacional, en consecuencia, determina un crecimiento de la superficie cultivada en los países de origen y alrededor del mundo.

La quinua en Perú es producida en más de 60 000 hectáreas en zonas de costa, yunga y sierra, mayormente en sistemas de agricultura propios de cada región donde se cultiva, generalmente, en forma tradicional, ecológica, orgánica o convencional.

La producción orgánica o ecológica se caracteriza principalmente por el empleo de insumos agrícolas de origen orgánico, es decir, insumos naturales que contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo, el incremento de la población microbiana benéfica en el suelo y la retención del agua y la producción de cosecha libre de residuos, reduciendo los riesgos sobre la salud de los agricultores y la contaminación ambiental. Por otro lado, la producción convencional es intensiva en el uso de insumos como fertilizantes y pesticidas inorgánicos o químicos, que pueden causar contaminación del suelo y agua, mientras que los plaguicidas afectan a la flora, fauna y al agricultor, causando desequilibrios en el agroecosistema.

En ambos sistemas de cultivo se emplean las mismas variedades por lo que es importante determinar cómo estos sistemas influyen en el comportamiento de las variedades y especialmente en aquellas nuevas variedades introducidas. La presente investigación está orientada a evaluar el comportamiento de dos variedades peruanas, una boliviana y otra chilena en dos sistemas de cultivo en condiciones del Valle del Mantaro Junín.

Por lo indicado se planteó los siguientes objetivos

Objetivo general

- Contribuir a la reducción de daños del cambio climático mediante la diversificación de variedades de quinua para una producción sostenible del cultivo en la región andina.

Objetivos específicos

- Estudiar el comportamiento agronómico, la respuesta al mildiú y la calidad de variedades de diversos orígenes de la región andina en dos sistemas de cultivo.
- Analizar la eficiencia fotosintética de cuatro variedades procedentes de diversas zonas agroecológicas de la región andina en dos sistemas de cultivo orgánico y convencional bajo condiciones del Valle del Mantaro, Junín.
- Evaluar el costo de producción en sistema de cultivo orgánico y convencional

II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origen

La quinua *Chenopodium quinoa* Willd, fue domesticada hace 5000 A.C y cultivada desde Colombia hasta el sur de Chile, desde los 4000 m.s.n.m. La mayor variabilidad de genotipos y progenitores silvestres se encuentran en las proximidades de lago Titicaca (Perú-Bolivia) esta variabilidad ha permitido el cultivo de la quinua en distintas zonas agroecológicas y hacer frente a distintas condiciones ambientales adversas, como el frío, sales y sequía (Torreblanca ,2015; Rosas-Huaranga, 2015).

2.2 Clasificación agroecológica

La quinua posee una amplia variabilidad genética, que le permite adaptarse a diferentes ambientes, altitudes, resistencia/ tolerancia a salinidad, mildiu, sequía y sensibilidad a la longitud del día (Gómez y Aguilar, 2016; FIA, 2006). En la Tabla 1 se resumen las características principales de los grupos identificados.

Tabla 1. Clasificación agroecológica de la quinua según su localización.

Clasificación	Características	Variedades
Quinua del valle 2000 a 3000 msnm	<ul style="list-style-type: none">- Se cultiva mayormente en la parte central y norte del Perú.- Desarrollo de a próximamente 7 meses.- Fuentes de resistencia/ tolerancia a mildiu- Semidulce- Bajo contenido de saponina	<ul style="list-style-type: none">- Blanca de Junín- Rosada de Junín- Amarilla de Marangani- Dulce de Quitopampa- Dulce de Lazo
Quinua del altiplano 3600 a 4000 msnm	<ul style="list-style-type: none">- Circundante al lago Titicaca, altiplano peruano boliviano.- Desarrollo de 4 a 7 meses.- Resistencia/ tolerancia variable a mildiu.- Amarga- Alto contenido de saponina	<ul style="list-style-type: none">- Chewecca- Kancolla- Blanca de Juli- Sajama
Quinuas del nivel del mar	<ul style="list-style-type: none">- En la zona de linares y concepción en Chile a 36°ls.	<ul style="list-style-type: none">- Qhechuco de Cautín- Picharan de Maule
Quinua de los salares a 4000 msnm	<ul style="list-style-type: none">- Procedente de la zona de los salares bolivianos.- Amargas- Alto contenido de saponina	<ul style="list-style-type: none">- Quinua Real
Quinuas de yungas 1500 a 2000 msnm	<ul style="list-style-type: none">- En zonas de yungas de Bolivia.- Periodo vegetativo de más de 200 días	

Fuente: Tapia (1980) y Gómez y Aguilar (2016)

2.3 Zonas de producción de quinua en Perú, Bolivia y Chile

2.3.1 Superficie, producción y rendimientos nacional

Según MIDAGRI (2020) la producción nacional desde el 2015 ha disminuido hasta estabilizarse alrededor del año 2019 como se observa en la Tabla 2. El año 2020 se reporta una superficie sembrada de 66584 ha, con una producción de 97057 t y un rendimiento de 1.458 t.

Tabla 2. Producción, superficie y rendimientos de quinua nacional según región en el periodo de 2015 al 2020 en el Perú

Año	Producción (t)	Superficie cosechada (ha)	Rendimiento (t/ha)
2010	41079	35313	1.163
2011	41182	35475	1.1609
2012	44213	38495	1.1485
2013	52129	44868	1.1618
2014	114725	68140	1.6837
2015	105666	69303	1.525
2016	79269	64223	1.234
2017	78657	61721	1.274
2018	86738	65787	1.320
2019	89775	65280	1.380
2020	97057	66584	1.458

Fuente: MIDAGRI (2020)

Del total de quinua peruana exportada, el 42.2% es producido en forma orgánica, el 28.1 % es producido en forma convencional y el 29.7 % no especifica la forma de producción por lo que se asume que es de origen convencional (MIDAGRI, 2020). Entre los países que compran quinua peruana destaca Estados Unidos que aproximadamente compra el 19 % de la quinua producida para el mercado de exportación y se señala que compra 60% de quinua de origen orgánico y 40 % de origen convencional.

2.3.2 Producción de quinua en Chile

La principal región productora es la región de O'Higgins, con una producción entre el 2015 al 2016 de 620 toneladas en una superficie aproximada de 706 hectáreas, con un rendimiento promedio de 1 t/ha. En la zona centro de Chile, se registran rendimientos entre 0.8 a 1 t/ha mientras campos con mayor tecnología llegan a alcanzar 1.5 t/ha (ODEPA, 2017).

Tabla 3. Producción, superficie y rendimientos de quinua según región en el año 2007 en Chile.

Región	Producción (t)	Superficie (ha)	Rendimiento (t/ha)
XV de Arica y Parinacota y I de Tarapacá	800.8	1391.5	0.6
II de Antofagasta	6.9	10	0.9
IV de Coquimbo	12	4	12
VI de O'Higgins	58	60.6	1
IX de Araucanía	1.6	3	1.6

Fuente: Bazile et al. (2014)

2.3.3 Producción de quinua en Bolivia

FAO (2019) citado por Canales et al., (2020) señala que la producción boliviana de quinua es la segunda después de Perú con 67 000 toneladas producidas en 2017, con un rendimiento de 0.6 t/ha.

Tabla 4. Producción, superficie y rendimientos de quinua en Bolivia 2010 - 2020

Año	Producción (t)	Superficie cosechada (ha)	Rendimiento (t/ha)
2010	36724	58496	0.63
2011	40943	63307	0.55
2012	50874	131192	0.39
2013	61182	159549	0.38
2014	77354	173960	0.44
2015	75449	121186	0.62
2016	65548	118913	0.55
2017	66792	110639	0.60
2018	70763	111605	0.63
2019	67135	116746	0.58
2020	70170	115973	0.61

Fuente: FAOSTAT (2022)

2.4 Sistemas de cultivo

2.4.1 Agricultura convencional

Se basa en los principios de la “Revolución Verde”, que se caracteriza por el uso de insumos externos semilla mejorada, agroquímicos (insecticidas, fungicidas, nematicidas y

herbicidas), maquinaria agrícola, semillas mejoradas, si bien se incorpora materia orgánica la fertilización química es la principal y cuyo único propósito es el aumentar la producción de alimentos, muchas veces sin tomar en cuenta los daños que se puedan producir en el ambiente, además de estar asociada a escasa diversidad de asociaciones y rotaciones de cultivo, monocultivos, Stephan (2015) citados por Pinedo (2018).

2.4.2 Agricultura orgánica

Guellerhua (2019) señala que la agricultura orgánica se fundamenta principalmente en el manejo racional y sostenible de los recursos naturales y el medio ambiente empleando practicas naturales biológicas que preserven la fertilidad de los suelos y organismos, y no al uso de insumos de productos químicos (fertilizantes, plaguicidas y fungicidas). El uso de abonos orgánicos aporta materia orgánica, nutrientes que favorece a la fertilidad del suelo, es una alternativa para reducir el uso de agroquímicos y fertilizantes disminuyendo los costos de producción y dependencia de productos convencionales (Salazar-Sosa et al., 2010; Conde et al., 2017) pese a ello su capacidad como fuente nutricional a comparación a los fertilizantes químicos es baja (Cosme et al., 2020).

El mercado de los productos orgánicos ha crecido considerablemente en los últimos años. Esto debido a un incremento de la demanda explicada por los cambios en los gustos y las preferencias hacia productos inocuos y naturales. Siendo los principales productos orgánicos de exportación: café, banano, cacao, quinua y mango (Gómez, 2012).

2.5 Ventajas de la agricultura orgánica

Borge (2012) menciona algunas de las principales ventajas de la agricultura orgánica:

- Incremente la circulación de nutrientes y mejora la capacidad de retención de estos y de agua además de beneficiar a la fauna y flora del suelo.
- Reduce la erosión, pérdida de nutrientes y compactación, lo que ayuda a mantener y mejorar la productividad del suelo.
- No se utiliza pesticidas y fertilizantes sintéticos, los cuales pueden ser sustituidos por biocidas y fertilizantes orgánicos.
- Se protege el ciclo hidrológico mediante técnicas sostenibles que logran reducir el uso del recurso hídrico y se minimiza su contaminación.

- El sabor de los cultivos que han sido producidos de manera orgánica es mucho más intenso que el de aquellos que han sido producidos utilizando otros métodos.
- Son más saludables porque no contienen trazas de químicos que son dañinos.

2.6 Rentabilidad del cultivo orgánico

La rentabilidad está ligada a las características climáticas óptimas para el desarrollo y producción de un cultivo (Zegarra, 2018). Además de un factor determinante que es el precio del producto comercial, que por lo general tiene amplias variaciones de año a año, por su vinculación con la oferta mundial y los precios internacionales de la bolsa, Giménez (2001) citado por Montoya (2016).

A menudo se señala que el desempeño económico de las granjas orgánicas es equiparable al de las convencionales, aun sin subsidios adicionales y, algunas veces, incluso sin sobrepuestos. Sin embargo, a menudo los costos de los productos orgánicos son más altos por la necesidad de mantenerlos apartados y de esa manera preservar su identidad orgánica. Además, la certificación y la pequeña escala de distribución contribuyen a elevar los costos. A medida que la agricultura orgánica vaya logrando una mayor participación en el mercado, las economías de escala podrán disminuir estos costos de manera significativa (FAO, 2003).

2.7 Requerimiento de la quinua

Los requerimientos ambientales del cultivo de la quinua para una adecuada producción según Mujica et al. (2001) se presenta en la Tabla 5. Sin embargo, las condiciones ambientales en el altiplano peruano son cambiantes de año a año, predominando las condiciones climáticas adversas como sequías, inundaciones, granizadas y heladas (Aguilar y Jacobsen, 2003). Para asegurar una producción sostenible los agricultores siembran diversas variedades de quinua en varias zonas agroecológicas y fisiográficas del altiplano y así evitan la pérdida entera de sus cultivos en un año dado y en un área en particular.

Tabla 5. Condiciones óptimas para el desarrollo de la quinua.

Componente	Características	Observaciones
Suelo	Textura franca, buen drenaje. Contenido alto de materia orgánica y medio de nutrientes. Pendientes moderadas.	Susceptible al exceso de humedad en los primeros estadios. Exigente en nitrógeno y calcio, moderada en fósforo y poca en potasio.
pH	pH de suelo alrededor de la neutralidad.	Hay genotipos adaptados para cada situación extrema de salinidad o alcalinidad.
Clima	Amplia adaptabilidad.	Genotipos adaptados para cada condición climática.
Agua	Es suficiente $\frac{3}{4}$ de la capacidad de campo. de 250 a 500 mm anuales en promedio. Humedad relativa: 40 a 100%.	En caso de utilizar riego, deben ser ligeros y periódicos. En sierra y valles interandinos el riego es suplementario a las lluvias. Susceptible al mildiu en condiciones de alta humedad relativa.
Temperatura	15 a 20 °C	Soporta hasta -8°C
Radiación	Elevada	Condiciones radioactivas del altiplano del Perú y Bolivia son muy favorables.
Fotoperiodo	12 horas diarias (HS) 14 horas diarias (HN)	Existe genotipos de día largos, cortos en indiferentes al fotoperiodo.
Altitud	0 a 4000 msnm	Mayor potencial productivo a nivel del mar (600 kg/ha)

Adaptado de Mujica et al., 2001

2.7.1 Rotación de cultivos

La secuencia de cultivos o rotación tradicional en Puno abarca un periodo de tiempo predeterminado (8-10 años). En la rotación tradicional del altiplano, la quinua es el segundo cultivo en el ciclo, siguiendo a la papa generalmente fertilizada (Gómez y Aguilar 2016). Dentro de la rotación tradicional se considera el periodo de barbecho que ayuda a recuperar la fertilidad, especialmente cuando la tierra es utilizada para el pastoreo de animales, que dejan estiércol, y que permite el rebrote de especies nativas como el trébol (Aguilar y Jacobsen, 2003). También sirve como un periodo de cuarentena, que reduce la infección del suelo por hongos, nematodos e insectos por el crecimiento de la flora y fauna natural.

La rotación según Mujica et al. (2001) para el altiplano es papa-quinua-habas- cebada o avena-forrajes; mientras que en la costa se propone papa-quinua-maíz o trigo- hortalizas-alfalfa. Sin embargo, la secuencia de rotación de cultivos se ha modificado especialmente en las zonas donde no hay riego. Se han introducido habas como último cultivo en la secuencia de rotación para ayudar a restaurar la fertilidad (Aguilar y Jacobsen, 2003).

2.7.2 Suelo

Es recomendable ubicar y seleccionar suelos que tenga una pendiente favorable a moderada (5-15°) para la distribución del agua sin erosionar el suelo (Gómez y Aguilar 2016), de buena fertilidad, de textura franco-arenosa, nivelada, y que no se encuentre en una zona inundable, heladiza y ni demasiado salina. Este tipo de suelo se puede reconocerse por su morfología, textura, orientación y presencia de plantas indicadoras Mujica *et al.* (2001).

2.7.3 Variedades

El Perú es una de las regiones de origen de la quinua con mayor variabilidad. Álvarez y Céspedes (2017) reportan información sobre 554 accesiones de quinua en Perú y Bolivia y Gómez y Eguiluz (2011) describen 2089 accesiones del banco de UNALM mostrando diferencias en tamaños de granos, precocidad, adaptaciones, rendimientos, colores y porcentaje de saponinas. Debido a la variabilidad genética de la quinua, las variedades, en función a su adaptación, pueden ser sembradas en tres zonas potenciales de producción en el Perú: el altiplano de Puno, con la mayor superficie y volúmenes de producción, los valles interandinos y finalmente la costa peruana (Apaza et al., 2013). En la actualidad se siembran 20 variedades comerciales mayormente requeridas en el mercado y las cuales se describen a continuación en la Tabla 6:

Tabla 6. Relación de variedades más sembradas de quinua en el Perú, características de calidad y zonas recomendadas de cultivo.

Nombre	Contenido Saponina	Color de Grano		Tamaño	Región recomendada
		Pericarpio (capa-fruto)	Epispermo (capa - semilla)		
INIA 431- altiplano	Dulce	Crema	Blanca	Grande	Altiplano y costa
INIA 427- amarilla sacaca	Amarga	Amarilla	Blanca	Grande	Valles interandinos
INIA 420- negra ccollana	Dulce	Gris	Negra	Pequeña	Altiplano, valles interandinos y costa
Inia 415 Pasankalla	Dulce	Gris	Roja	Mediana	Altiplano, valles interandinos y costa
Illpa INIA	Dulce	Crema	Blanca	Grande	Altiplano
Salcedo INIA	Dulce	Crema	Blanca	Grande	Altiplano, valles interandinos y costa
Qillahuaman INIA	Semi dulce	Crema	Blanca	Mediana	Valles interandinos
Ayacuchana INIA	Semi dulce	Crema	Blanca	Pequeña	Valles interandinos
Amarilla Marangani	Amarga	Naranja	Blanca	Grande	Valles interandinos
Blanca de July	Semi dulce	Crema	Blanca	Pequeña	Altiplano
Blanca de Junín	Semi dulce	Crema	Blanca	Mediana	Valles interandinos y costa
Cheweca	Semi dulce	Crema	Blanca	Mediana	Altiplano
Huacariz	Semi dulce	Crema	Blanca	Mediana	Valles interandinos
Hualhuas	Dulce	Crema	Blanca	Mediana	Valles interandinos
Huancayo	Semi dulce	Crema	Crean	Mediana	Valles interandinos
Kancolla	Semi dulce	Crema	Blanca	Mediana	Altiplano
Mantaro	Dulce	Crema	Crema	Mediana	Valles interandinos
Rosada de Junín	Semi dulce	Crema	Blanca	Pequeña	Valles interandinos
Rosada taraco	Amarga	Crema	Blanca	Pequeña	Altiplano
Rosada de Yanamango	Semi dulce	Crema	Blanca	Mediana	Valles interandinos

Fuente: Catalogo de variedades del INIA (2013)

2.7.4 Preparación del suelo y siembra

La preparación del suelo para la quinua, normalmente consiste en la aradura, el gradeo y algunas veces el nivelado con tabloncillos pequeños. La preparación se realiza con el inicio de las lluvias que humedecen el suelo. El tamaño pequeño de la semilla de quinua requiere de una buena preparación, principalmente un buen desterronado hasta obtener una estructura fina de suelo (Aguilar y Jacobsen 2003; Gómez y Aguilar 2016). Esta operación también promueve la degradación de residuos de papa y la germinación de malezas, que también

pueden ser removidas antes de la siembra (Gómez y Aguilar, 2016). En general, la siembra de quinua en la región andina se realiza en la época de lluvias que se inician generalmente en setiembre y octubre. Si la siembra es retrasada hasta noviembre por la falta de lluvias, es posible obtener una buena cosecha con variedades precoces (Mujica *et al.*, 2001; Gómez y Aguilar 2016). La quinua debe ser sembrada con suficiente humedad en el suelo, después de una lluvia lo suficientemente intensa para mojar el suelo y alcanzar la humedad a punto para asegurar la germinación de la semilla y el establecimiento de la planta (Aguilar y Jacobsen, 2003; Gómez y Aguilar 2016). La planta es muy eficiente en el uso del agua, no obstante, requiere como mínimo de 30 a 45 mm para la germinación (Calla *et al.* 2012).

2.7.5 Fertilización

Para la zona andina, cuando se siembra la quinua después de papa, el contenido de nutrientes y de materia orgánica es aceptable para el cultivo, por la descomposición lenta del estiércol. Se recomienda un abono complementario (Pinedo *et al.* 2020). Pero cuando la siembra se realiza después de una gramínea, sea maíz o trigo en costa o cebada o avena en la sierra, es necesario utilizar 3 toneladas/hectárea de materia orgánica y una fertilización en promedio parecida a la fórmula 80-40-00, lo que equivale a 174 kg/ha de urea de 46% y 88 kg/ha de superfosfato triple de calcio de 46% (Mujica *et al.*, 2001).

En la sierra, la fuente de nitrógeno se aplica fraccionada en dos partes, la mitad a la siembra y la otra después del primero deshierbo y junto al aporque. De este modo se permite un mejor aprovechamiento del nitrógeno, evitando las pérdidas por lixiviación y volatilización por altas temperaturas. El fósforo y el potasio se aplican el 100% a la siembra (Mujica *et al.* 2001; Gómez y Aguilar 2016).

Por otro lado, la tendencia en el uso del abono orgánico va en aumento tanto para la producción orgánica como para la convencional. La incorporación de estiércol en la época de preparación de suelos (Mujica *et al.*, 2001; Gómez y Aguilar 2016).

2.7.6 Fertilización con guano de isla

El guano de isla es un fertilizante natural, completo, no contaminante, biodegradable, mejorador del suelo, soluble en agua, incrementa la actividad microbiana y contiene 12 elementos esenciales que la planta necesita como: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio,

magnesio, azufre, hierro, zinc, cobre, manganeso, boro y molibdeno (Tabla 7). Además, aporta materia orgánica, la cual es utilizada como sustrato alimenticio de la microbiana benéfica (hongos y bacterias) por lo que es un fertilizante ideal para el crecimiento, desarrollo y producción de diferentes cultivos AGROURAL (2018) citado por Evaristo (2020). En consecuencia, se espera que estos microorganismos a nivel de rizósfera presenten una serie de interacciones (Bello et al., 2016) brinden el efecto solubilizante del guano de isla, una mayor cantidad de sustancias benéficas como vitaminas, ácidos orgánicos, aminoácidos, enzimas y minerales solubles al largo de las fases de desarrollo del cultivo, Kuprat (2004) citado por Chávez (2017). Aunque de absorción más lenta que de los sintéticos, favorece el desarrollo de los microorganismos y a largo plazo es una excelente alternativa ya que permanecen en el suelo por mayor tiempo (Morris (2008) y Ugás et al., 2000 citado por Huerta, 2015). La incorporación de abonos orgánicos se debe hacer de 2 a 3 meses antes de la siembra, para obtener una adecuada descomposición de la materia orgánica y una adecuada liberación de nutrientes Huahuachampi (2015).

Tabla 7. Contenido de elementos nutritivos en el guano de islas

Elemento	Símbolo/ fórmula	Contenido (%)	Contenido (ppm)
Macroelemento			
Nitrógeno	N	10-14	
Fosforo	P ₂ O ₅	10-12	
Potasio	K ₂ O	2-3	
Elementos secundarios			
Calcio	CaO	10	
Magnesio	MgO	0.8	
Azufre	S	1.5	
Microelementos			
Hierro	Fe		600
Zinc	Zn		170
Cobre	Cu		23
Manganeso	Mn		48
Boro	B		187
Molibdeno	Mo		76
Flora microbiana	Hongos y bacterias		

Fuente: AGROURAL (2018)

2.7.7 Densidad

La densidad de siembra dependerá de las semillas y del sistema de cultivo empleado, es mayor si la siembra es al voleo, mientras que será más baja si la siembra se hace en surcos. Para Calla (2012), se debe tener en cuenta la densidad de siembra ya que a una mayor cantidad de plantas por metro cuadrado ocurrirá mayor competencia por los nutrientes, esto puede causar plantas débiles y mayor incidencia de plagas y enfermedades.

2.7.8 Raleo o desahíje

Se van eliminando las plantas hasta ajustar el número promedio por área para obtener una distancia de plantas de 8-10 cm, con 11-13 plantas por metro, o 50 plantas por metro (Aguilar y Jacobsen, 2003; Gómez y Aguilar 2016).

2.7.9 Aporque

El aporque es una labor importante y por consiguiente tiene influencia en la producción final. Las ventajas que se obtienen por esta labor son el buen sostenimiento de la planta para evitar el acame, aireación de las raíces, facilidad para la evaluación de plagas y su control e incorporar la dosis de abonos complementarios (Calla *et al.* 2012; Gómez y Aguilar, 2016).

2.7.10 Control de malezas

El control de malezas debe incluir actividades previas a la siembra para reducir significativamente la presencia de las malezas en el establecimiento inicial del cultivo, las malezas pueden inhibir el crecimiento de la quinua en sus primeros estados fenológicos (Aguilar y Jacobsen, 2003; Calla *et al.* 2012; Gómez y Aguilar, 2016).

En general, se recomienda efectuar mínimo dos deshierbas durante el periodo vegetativo de la quinua, el primero con plantas de 15 cm o 30 días después de la emergencia, y el segundo ante de la floración o 90 días después de la siembra (Mujica *et al.*, 2001; Gómez y Aguilar, 2016).

2.8 Control de enfermedades y plagas

La quinua es afectada por una serie de microorganismos, insectos, nematodos, aves y otros que reducen el rendimiento y la calidad de la quinua. Entre las enfermedades claves destacan el mildiu (*Perenospora variabilis*), conocido por causar reducciones en el rendimiento de 33 a 58% aun en las variedades resistentes. Entre los insectos claves el complejo Kcona-Kcona (*Eurysacca melanocampta* y *E. quinoae*) causan daños de 8 a 40%. Las aves también atacan la quinua, principalmente en la etapa de emergencia y durante el llenado de granos (Bhargava *et al.*, 2006; Gómez y Aguilar, 2016) y las aves más comunes son gorriones, jilgueros y palomas; estas últimas ocasionan el tumbado de plantas además del acame natural que se presenta en la quinua; causan contaminación de la panoja y el descarte de grano (Flores, 2016). Existen diversos métodos de control para las enfermedades, insectos y pájaros reportados en forma convencional y orgánica (Gómez y Aguilar 2016).

2.8.1 Síntomas de mildiú

La enfermedad se evidencia inicialmente como puntos cloróticos irregulares en el haz de la hoja y luego como necrosis Danielsen y Ames (2000). Mientras que el envés se recubre de una pubescencia de color gris violeta. El mildiu puede afectar en cualquier momento del desarrollo de la quinua, entre más temprana es la infección, mayor es el grado de defoliación y pérdida de rendimiento. Bonifacio (2001) citado por Bernardo (2020) menciona que el mildiú requiere de condiciones de la alta humedad relativa del ambiente como condición más preponderante, aunque también se requiere temperaturas relativamente frescas. Por tanto, la enfermedad no se presenta con la misma intensidad en las diferentes zonas de producción de quinua.

2.8.2 Control orgánico de mildiu

Se puede emplear biofungicidas y otros productos recomendados en la producción orgánica, estos son biodegradables, no dañan el medio ambiente ni a la salud de las personas (Gómez y Aguilar, 2016).

Estas son algunas recomendaciones que se deben tomar:

- Desinfectar las semillas con *Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis* u otros.
- Microorganismos junto a los abonos orgánicos como *Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis*.

- Aplicación de extractos de plantas que poseen propiedades de control de hongos como: ajo, cola de caballo, estas deben ser realizadas en forma preventiva.

2.8.3 Control convencional de mildiu

Frente a ataques muy severos se puede aplicar fungicidas químicos, pero deben ser muy bien recomendados para controlar este hongo, caso contrario algunos pueden causar fitotoxicidad en la quinua y dejar residuos tóxicos en los granos que limitarían su comercialización. Es por esa razón que se recomienda aplicar fungicidas en base a Mefenoxan + Mancozeb los primeros 60 días y posteriormente un fungicida orgánico en base a *Bacillus subtilis* para campos comerciales. Mientras que para campos semilleros después de los 60 días un paquete de productos descritos en la Guía del cultivo de quinua, descrita por Gómez y Aguilar (2016).

2.9 Cosecha

En la madurez, las plantas cambian de color, de verde a amarillo, anaranjado, rojo o morado, de acuerdo con la variedad. El periodo de cosecha es importante, porque una madurez tardía puede ocasionar la pérdida del cultivo por granizada, cuales ocurren frecuentemente durante la etapa de maduración, o por una helada (Aguilar y Jacobsen, 2003; Gómez y Aguilar 2016).

2.10 Siega

Las plantas son segadas cuando empiezan a secarse, las hojas se han caído, tienen el color correcto, y las semillas han alcanzado la madurez fisiológica. En campos grandes, se puede utilizar una trilladora estacionaria o cosechadora. El proceso mecánico es delicado, con el riesgo de dejar caer las semillas, especialmente si están sobre-maduras. Siendo ese el caso, es mejor realizar la siega en horas de la madrugada, cuando las plantas aún mantienen la humedad del rocío.

2.11 Trilla

Normalmente la quinua es trillada cuando el perigonio se desprende con facilidad (Aguilar y Jacobsen, 2003; Gómez y Aguilar 2016). La trilla puede ser manual, golpeando las panojas con palos de madera, o mecánicamente, usando trilladoras estacionarias, que cuando el área cosechada excede las 2 hectáreas o por falta de mano de obra.

2.12 Introducción de nuevas variedades

Los ecosistemas de altura están siendo fuertemente afectados por el cambio climático y por consiguiente los diversos cultivos como la quinua, que se siembran como cultivos básicos dentro de la agricultura familiar, tienen rendimientos cercanos a una tonelada por varias décadas, tal como se observa en las Tablas 1 al 3. Por lo que se requiere hacer más sostenible y menos vulnerable estos sistemas y una de las formas de lograrlo es a través de la identificación de nuevas variedades incluyendo otras diferentes a las tradicionales de cada país de la región.

El comportamiento de nuevas variedades introducidas debe ser evaluada en diferentes campañas agrícolas y bajo diferentes sistemas de cultivo. La evaluación debe incluir características morfológicas y fisiológicas que se reflejan en el rendimiento y la calidad. Existe una serie de factores que influyen en el rendimiento de las variedades y entre ellas destaca la fotosíntesis, ya que la materia seca producida depende de este proceso, por lo que puede servir como un indicador directo de alto rendimiento (Gutiérrez-Rodríguez et al., 2005). La planta posee un conjunto de pigmentos que impulsan la fotosíntesis, siendo uno de los más importantes la clorofila que realiza la síntesis de glucosa a partir de dióxido de carbono y agua, con liberación de oxígeno a través de la conversión de energía luminosa. (Romero, 2022; Amagua, 2013)

El contenido de clorofila presenta variaciones entre especies independientemente de los daños abióticos (estrés hídrico, deficiencias nutricionales, temperatura, humedad, luminosidad y otros) y bióticos (enfermedades, plagas, maquinaria, otros) que pueden llegar a sufrir afectan los valores SPAD, causando la pérdida de las características de la membrana celular de las plantas: flacidez, marchitamiento y decoloración debido a la destrucción de los cloroplastos Amagua (2013).

González et al. (2014) estudiaron la respuesta fisiológica y morfológica de variedades de quinua de diferentes orígenes bajo condiciones de sequía y reportan que la conductancia estomática es una variable muy importante en el control de la asimilación fotosintética máxima y que la magnitud de este control depende de la variedad. El rango de asimilación fotosintética vario de $19 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ a $31 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, el valor más bajo fue registrado para la variedad CO-407 y el más alto para CICA. Adicionalmente señalan que las variedades

Sayaña y Kancolla (variedades de altura) poseen mayores valores capacidad de carboxilación y eficiencia intrínseca en el uso de agua en relación a las variedades CO-407 y CICA provenientes de zonas de media y baja altitud.

García-Parra et al. (2017) señalan que la aplicación de una mezcla de fertilizantes químicos y orgánico dio los mejores valores en el peso seco y fresco de panoja, contenido de clorofila, número de hojas, número de panojas por superficie, peso fresco de plantas y longitud de tallo comparado con aquellos observados en el tratamiento con el fertilizante orgánico. Indican que la cantidad de clorofila tuvo diferencias significativas en las fases fenológicas estudiadas y que se observó una reducción de clorofila en la etapa de antesis para todos los tratamientos estudiados y que el contenido de clorofila estuvo relacionado con la condición nutricional, encontrándose el mayor valor con la aplicación de fertilizante químico de la formula NPK (15-15-15) al momento del deshierbe.

Gonzales et al. (2018) evaluaron el efecto de la densidad de siembra sobre la respuesta fotosintética empleando la variedad CICA de quinua en el noreste de Argentina y sus resultados mostraron que los parámetros de intercambio de gases están directamente correlacionados con la morfología, anatomía foliar y rendimiento de granos y que la densidad de siembra tiene un efecto.

Serna et al. (2020) estudiando la tolerancia a la sequía de 41 variedades de quinua emplearon el índice de contenido de clorofila (ICC), medida con un medidor MC-100 (Apogee) del control y el tratamiento de cada variedad para agrupar las variedades en tolerantes y susceptibles identificando 18 como tolerantes.

III METODOLOGÍA

3.1 Ubicación

Fase de campo se desarrolló en el Instituto Regional de Desarrollo de Sierra de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), ubicado en los 11° 47' 0.1'' de latitud Sur y los 75° 28' 25.0'' de longitud Oeste, en la localidad de San Juan de Yanamuclo, distrito de San Lorenzo, provincia de Jauja, departamento de Junín, a una altitud de 3200 msnm.

Fase de laboratorio se realizó en Programa de Investigación y Proyección Social en Cereales y Granos Nativos, ubicado en el Campus de la UNALM.

3.2 Características climáticas

La zona del valle del Mantaro se caracteriza por ser templado seco, con una precipitación anual de 760 mm aproximadamente. Los valores mensuales de temperatura (máxima y mínima), humedad y precipitación registrados durante el experimento se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Datos climatológicos mensuales de temperatura, humedad y precipitación de la campaña en Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022

Meses	Temperatura °C		Humedad (%)	Precipitación (mm/día)
	Máxima	Mínima		
Octt-21	20.41	5.65	72.05	1.35
Nov-21	19.20	6.29	75.53	3.71
Dic-21	19.88	6.84	74.99	2.63
Ene-22	18.95	6.26	77.15	3.78
Feb-22	17.63	7.04	83.81	4.70
Mar-22	17.84	6.48	81.98	3.80
Abr-22	18.87	4.45	79.95	2.19
May-22	19.56	3.17	77.24	0.42
Jun-22	19.01	0.62	77.12	0.25
Jul-22	19.96	0.51	74.56	0.19

Fuente: SENAMHI (2022)

3.3 Características del suelo

El análisis de caracterización de suelos para ambos sistemas de cultivo, fue realizado en el laboratorio de análisis de suelos, plantas, agua y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Los resultados se presentan en la Tabla 9, donde se describe que el suelo tiene una textura franco arcilloso, pH ligeramente alcalino, baja conductividad eléctrica clasificada como suelo ligeramente salino, alto CIC y ligeramente alto contenido calcáreo total. El porcentaje de materia orgánica es 2.44% lo que indica un contenido medio. Contiene alto contenido de fósforo y potasio disponible, o un suelo con fertilización media.

Tabla 9. Caracterización del suelo del campo experimental en Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.

Componente	Unidad	Valor
pH (1:1)	-	7.31
CE (1:1)	dS/m	0.93
CaCO ₃	%	6.11
MO	%	2.44
P disponible	Ppm	38.3
K disponible	Ppm	330
Clase textural	-	Franco arcilloso
Arena	%	35
Limo	%	31
Arcilla	%	34
CIC	-	29.28

3.4 Material genético

Para la realización del presente trabajo se evaluaron 4 variedades de quinua:

- Dos variedades de quinua peruana: Ecotipo Altiplano – variedad Pasankalla y Ecotipo Valle – variedad Blanca de Junín.
- Una variedad boliviana: Ecotipo Real – Variedad Kellu.
- Una variedad chilena: Ecotipo altiplano - Variedad Ancovinto Blanca.

En las Tablas 10 y 11 se describe algunas características reportadas para las variedades empleadas en la investigación:

Tabla 10. Características agronómicas y de calidad de grano de cuatro variedades de quinua en estudio

Variedades	Ecotipo	Peso de mil granos (g)	Contenido de proteínas (%)	Contenido de saponinas (%)	Valoración según % de saponina	Rendimiento (kg/ha)	Biomasa	Índice de cosecha (%)	Altura de planta (cm)	Autor o referencia
Ancovinto	Salar	-	12.85	1.3-1.7	Amarga	3991-4813	10206-13879	30-41	118-155.6	Ahumada et al. (2016) Maturana, G. (2021) Miranda et al. (2012) Osorio, J. (2020) Soraide, D. (2011) Rojas et al. (2016)
Kellu	Real Altiplano	3.38-4.50	12.78	-	Semi dulce	561.2	1079.2	52	67.81	Aldana, M. (2018) Patti, A. (2010) Calancha, N. (2010)
Blanca de Junín	Valle	3.2	13.1	-	Amarga Semi amarga	854-2500	4533	19	150-170	Apaza et al. (2013) IICA. (2015) Marca et al. (2015)
Pasankalla	Altiplano	3.51-3.72	17.83	0.0	Dulce	1807.3-3540	6951.2	26	130-140	Apaza et al. (2003) Campo, C. (2018)

Elaboración propia

Tabla 11. Días a floración y maduración de las variedades en estudio

Variedades	Días después de la siembra (dds)		Autor o referencia
	Inicio de floración (IF)	Maduración de panoja (MP)	
Ancovinto	69	143	FIA. (2016)
Kellu	78	153	Patti, A. (2010)
Blanca de Junín	130	170	Apaza et al. (2013)
Pasankalla	116	144	Apaza et al. (2013)

Elaboración propia

3.5 Materiales y equipos:

Libreta y registros de campo, cámara fotográfica, insumos (pesticidas y otros), rafia, varillas, bolsas de papel Kraft, lápiz y marcadores, sacos, wincha, yeso agrícola, mochila fumigadora, equipo INFRATECK 1255, agitador mecánico “afrosimétrico” y un medidor de clorofila de mano (SPAD-502 Chlorophyll Meter), Minolta Camera Co., Ltd., Japón).

3.6 Operaciones en campo

El cultivo de la quinua se condujo siguiendo las labores establecidas para un campo comercial.

3.6.1 Preparación del campo y Siembra

Iniciada las lluvias, el rastrojo de la cosecha anterior se incorporó con el tractor utilizando una rastra, luego se pasó el arado, la rastra cruzada y se surco. Se marcó el campo con yeso para determinar los límites de los tratamientos y parcelas.

La siembra se realizó inmediatamente de concluida la preparación del suelo y aplicación de los fertilizantes correspondientes a cada sistema y a chorro continuo. Las semillas al ser pequeñas deben ser sembradas cuidadosamente para lograr una buena germinación y establecimiento del cultivo.

3.6.2 Fertilización

Después del surcado y delimitado con yeso se realizó la aplicación a fondo de surco tapando ligeramente el fertilizante para que no dañen a las raíces al momento de germinación, en el sistema de cultivo orgánico-ecológico y convencional. En ambos sistemas de cultivo, la dosis empleada de NPK fue de 100-80-80 para el sistema orgánico se empleó Guano de Isla y en el sistema convencional urea, fosfato diamónico y cloruro de potasio que fue aplicado en dos partes para la fuente nitrogenada al inicio de siembra e inicio de inflorescencia.

3.6.3 Desahíje o raleo

Se realizó con plantas con 10 pares de hojas. Esta labor permitió determinar la densidad del campo de la quinua y además se pudo eliminar plantas débiles, pequeñas y se dejó las más vigorosas.

Se realizó en forma manual tres veces durante el cultivo, principalmente durante el desarrollo vegetativo e inicio de inflorescencia, se tuvo sumo cuidado ya que por la prolongada falta de lluvias en esta fase observamos desuniformidad en la emergencia.

3.6.4 Aporque

Permite la mejor fijación de las raíces evitando el tumbado causado por las lluvias, viento especialmente de las plantas de mayor altura. Esta labor cultural se realizó manualmente y después del desahíje en la fase formación de inflorescencia y junto a la segunda dosis de fertilización nitrogenada.

3.6.5 Riego

No se realizaron riegos, se condujo bajo secano con la precipitación de la campaña agrícola.

3.6.6 Control sanitario

En la zona el mildiú es la enfermedad más importante y generalizada. Se observó los síntomas de la enfermedad en toda la fase del cultivo, como áreas cubiertas por una pubescencia grisácea cubriendo gran parte de las hojas. El porcentaje de área foliar con síntomas fue muy grande, con necrosis y defoliación de las hojas, principalmente en las variedades chilena y boliviana.

Otra plaga fue *Eurissacca melanocampta*, conocido como pegador de hojas “polilla de la quinua” se presentó en la fase vegetativa y dañando los granos en la fase de crecimiento y maduración de los granos.

En la fase de floración, se presentaron coleópteros de los géneros: *Diabrotica*, *Epitrix*, *Epicauta* y *Astylus* que causaron perforaciones y defoliación de las hojas además de consumo de polen y ocasionalmente dañaron las flores.

El control se realizó utilizando dos mochilas fumigadoras diferentes para el sistema convencional y orgánico, para evitar la contaminación de los productos utilizados para el control de plagas. Los productos empleados se listan en la Tabla 12.

3.6.7 Daños causados por aves

En la fase de formación y maduración granos, las aves causaron daños directos mediante el consumo de los granos e indirectos rompiendo las panojas o tumbando las plantas principalmente en las variedades más tardías como Pasankalla y Blanca de Junín.

No se realizó un control de pájaros, debido a que el experimento se sembró junto a campos comerciales de quinua y cereales, reduciéndose el daño en forma significativa al proveer a las aves con otras fuentes de alimentos.

3.6.8 Cosecha y poscosecha

La siega manual se realizó a en las mañanas para evitar el desprendimiento de granos y cortando a 30 cm del suelo procurando no levantar polvo o tierra y así evitar la contaminación de los granos. La fecha de cosecha se programó considerando, la fase fenológica de la variedad, el clima de la zona (viento, lluvias, granizos y heladas) y los ataques de aves que pueden disminuir significativamente la cantidad de granos, especialmente en las variedades precoces. Para la trilla se colocó una mantada o lona, sobre la cual se frotaron las panojas para separar los granos del resto de la planta, el venteado que separa la envoltura floral del grano y finalmente el zarandeo con mallas para cernir impurezas finas del grano.

En poscosecha, el secado se realizó sobre una mantada expuesta a sombra para reducir el contenido de humedad de los granos, se secó entre 6 a 8 horas. Luego fueron colocados en bolsas de papel y rotuladas con la identificación correspondiente.

En la Tabla 12 se describe en forma comparativa las labores culturales realizadas en la evaluación de cada sistema:

Tabla 12. Labores culturales realizadas en el sistema orgánico y convencional en el Valle del Mantaro- Junín. Campana 2021-2022

Labores Culturales		Sistema Convencional	Sistema orgánico
Preparación del suelo		Mecanizada	Mecanizada
Fertilización	Tipo de fertilizante	Urea Fosfato diamónico Cloruro de potasio	Guano de isla
	Dosis	100-80-80	100-80-80
	Época de aplicación	Noviembre 2021	Noviembre 2021
Control Mildiu	Producto	Infinito Fitoklin Fitoraz	Serenade
	Frecuencia de aplicación	Semanal	2 a 3 veces por semana
	Plagas	<i>Epicauta</i> sp. <i>Epitriz</i> spp. <i>Liriomyza</i> sp.	<i>Epicauta</i> sp. <i>Epitriz</i> spp. <i>Liriomyza</i> sp.
Control de Insectos	Producto	Cipermetrina Bidrin Furadan	Biospore
	Frecuencia de aplicación	Semanal	2 a 3 veces por semana
	Plagas	<i>Medicago minima</i> <i>Brassica rapa</i> <i>Avena fatua</i>	<i>Medicago minima</i> <i>Brassica rapa</i> <i>Avena fatua</i>
Control de malezas	Producto	Glifosato	Manual
	Época de labor	Desarrollo vegetativo Inicio de floración	Desarrollo vegetativo Inicio de floración
	Época de labor	Desarrollo vegetativo Inicio de inflorescencia Formación de grano	Desarrollo vegetativo Inicio de inflorescencia Formación de grano
Desahije o raleo	Producto	Manual	Manual
	Época de labor	Inflorescencia	Inflorescencia
Aporque	Tipo	Manual	Manual
Cosecha	Tipo	Manual	Manual
Trilla	Tipo	Manual	Manual

Elaboración propia

3.7 Variables en evaluación

3.7.1 Características agronómicas

- Rendimiento de grano (REN): Se evaluó la masa total de los granos trillados. Al alcanzar 14% de humedad estos datos fueron transformados para ser expresados en kg/ha.
- Peso de mil granos (PMG): Se tomó una muestra de los granos cosechados por parcela y se pesó en una balanza de precisión y se expresó en g.
- Índice de cosecha (IC): $IC = \frac{\text{Peso de grano}}{\text{Peso total de la parte aérea (paja + grano)}} * 100$. Se cortaron las plantas a ras del suelo en el área designada para esta evaluación. Se determinó aplicando la siguiente relación matemática: $\text{Peso de grano} / \text{Peso total de la parte aérea (paja + grano)} * 100$.
- Biomasa aérea planta (BAP): Esta estimación de vigor del cultivo se mide, mediante muestreo destructivo en el cual se toma 10 plantas al azar de cada parcela, estas plantas deben cortarse a la altura de la superficie del suelo y separadas en hojas, tallo y panoja. Cada estructura de la planta se pone en bolsas de papel y se dejan en el horno a 60°C por 48 horas para determinar la biomasa seca en g/planta.
- Altura de planta (AP): Se midió la distancia desde la base del tallo hasta la punta de la panoja un día antes de iniciar la cosecha de 6 plantas por tratamiento.
- Ciclo de vida: Se contó el número de días a la floración y maduración transcurridos de la siembra a la cosecha.

3.7.2 Características fisiológicas

- Contenido de Clorofila SPAD (CC): El contenido de clorofila en la hoja se midió en cada parcela. El valor de SPAD fue medido en tres hojas del tercio superior expandidas de 6 plantas por unidad experimental. Esta característica se expresó en unidades SPAD.

3.7.3 Características de calidad

- Contenido de proteína del grano: Se determinó el porcentaje de proteína de muestras de cada parcela, utilizando el equipo “INFRATECK 1255 Food & Feed Analyzer”. Esta evaluación se llevó cabo en el Laboratorio de Calidad del Programa de Cereales, utilizando 10g de cada tratamiento.

- Contenido de saponina en el grano: Se determinó por el método afrosimétrico mecánico adaptado por Balsamo (2002). Se pesaron 0.5 g de granos enteros de quinua los cuales fueron colocados en tubos de ensayo de 160 mm de longitud y 16 mm de diámetro, con tapa y se les añadió 5ml de agua destilada, inmediatamente se taparon los tubos. a continuación, se colocaron en el agitador mecánico y se agitaron los tubos durante 30 segundos. Luego, se dejaron en reposo por diez segundos y después, se midió la altura de la espuma producida en centímetros con el Afrosímetro. Según Koziol (1990) citado por Cerron (2013), el contenido de saponina se puede clasificar como dulce (menor de 0.1%) y amarga (mayor de 0.11%)

3.8 Respuesta al mildiu

Se tomaron seis plantas al azar de cada variedad y se realizó las lecturas de la enfermedad en hojas del tercio medio y superior, el valor final resultó del promedio de las lecturas utilizando la escala de evaluación de Danielsen y Ames (2000).

3.8.1 Análisis del área bajo la curva de progreso de la enfermedad

Se evaluó el comportamiento de las variedades ante infecciones de mildiu (*Perenospora variabilis*) y se utilizó el Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) y el cual es una representación gráfica de la intensidad de la enfermedad en función del tiempo que permite resumir en un solo valor el total de la enfermedad Se usó la fórmula propuesta por Campbell y Madden (1990).

$$ABCPE = \sum ((Y_i + Y_{i+1})/2 * (t_{i+1} - t_i))$$

Dónde:

Y_i representa la observación correspondiente al tiempo,

Y_{i+1} es la observación correspondiente al tiempo $i + 1$ (t_i), t_i es el número de días a partir de la primera evaluación hasta el día de la i -ésima evaluación. Los valores de severidad fueron empleados para el cálculo respectivo

Se realizaron cuatro evaluaciones para la variedad Kellu y Ancovinto, cinco evaluaciones para la variedad Pasankalla y seis evaluaciones para la variedad Blanca de Junín. Las evaluaciones se iniciaron a los 47, 61, 75, 89, 114 y 126 días después de la siembra. El

número de evaluaciones se realizó en función a la duración de ciclo de vida de las variedades. Se consideraron para los análisis de los resultados solo cuatro fechas de evaluación de los 47 a los 89 dds periodo que permite comparar la respuesta de las cuatro variedades estudiadas.

En la Tabla 13 se presenta la escala del grado de resistencia descrita por Danielsen y Ames (2000) y García et al (2007), para determinar la clase de resistencia y evaluaciones. Se evaluó el porcentaje de área afectada de cada hoja usando la escala propuesta Figura 1.

Tabla 13. Escala de evaluación de la reacción a mildiú en hojas primarias de quinua.

Porcentaje de hoja infectada	Clase
0	Inmune
0 a 10	Muy resistente
11 a 25	Moderadamente resistente
26 a 50	Moderadamente susceptible
51 a 100	Muy susceptible

Fuente: Danielsen y Ames (2000) citado por Deza (2021)

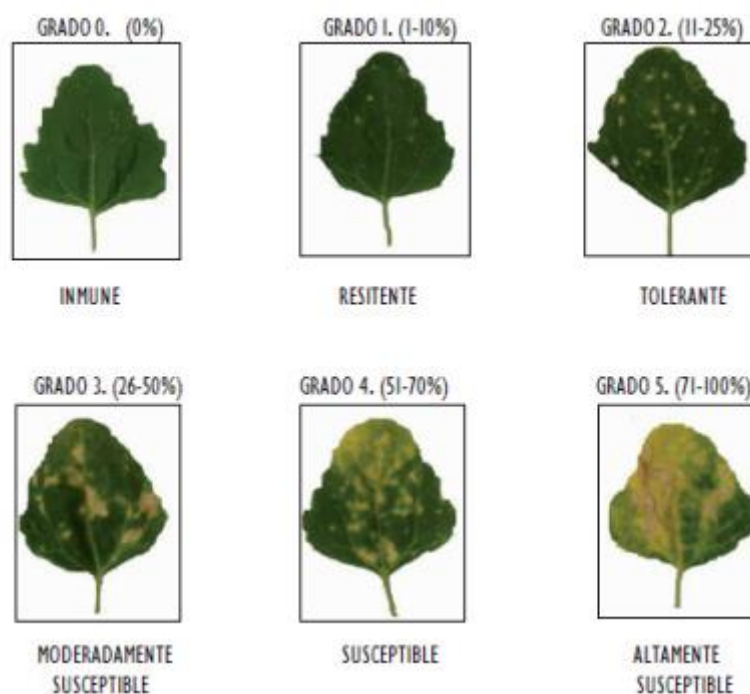


Figura 1. Índice de esporulación para determinar susceptibilidad o resistencia a mildiú por Inguilan y Pantoja (2007) citado por García et al (2007).

3.9 Diseño experimental

Se instalaron dos experimentos empleando el diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones:

3.9.1 Experimento 1: Sistema de cultivo orgánico (SCO)

Con insumos orgánicos; fertilización con guano de isla, el cuál fue incorporado a una profundidad de 15 cm. Control de plagas con productos orgánicos. Tratamientos: 4 variedades.

3.9.2 Experimento 2: Sistema de cultivo convencional (SCC)

Con fertilización inorgánica con urea, fosfato di amónico y cloruro de potasio. Control de plagas con productos inorgánicos.

Características del experimento 1 y 2.

- N° de surcos: 6
- Distanciamiento entre surcos: 0.8 m
- Longitud de los surcos: 4.0 m.
- Área del bloque: 76.8 m²
- Distancia entre bloques 1.5 m
- Total de área por parcela: 19.2 m²
- Repeticiones por experimento: 3
- Total de parcelas del experimento: 12
- Total Experimento Área Neta: 230.4 m²

Distribución de las unidades experimentales

- Cada parcela experimental tuvo seis surcos de 4 m de longitud, se analizaron los cuatro surcos centrales. El área neta del experimento fue 230.4 m², con calles de 1.5 m ancho, dando como resultado un área total de 316.8 m².por cada experimento. La investigación se hizo en un área total de 633.6 m²
- El experimento 1 y 2 se separaron por un área de 76.8 m² sembrada con una variedad de quinua comercial.

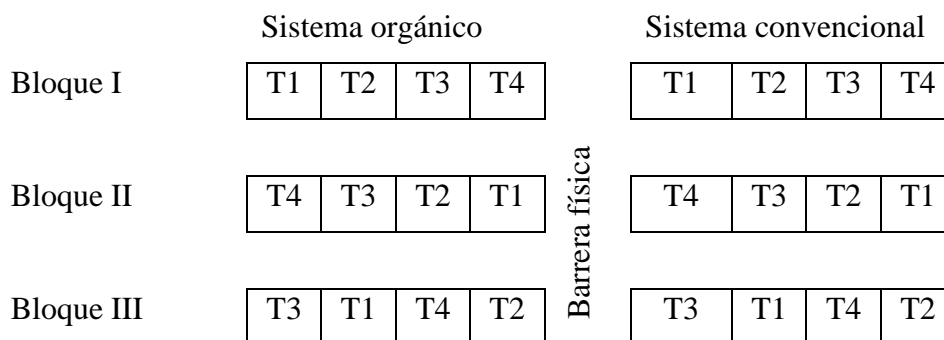


Figura 2. Distribución de los experimentos en el área experimental (DBCA)

3.10 Análisis Estadístico

Con respecto al análisis estadístico, en primer lugar, se hizo el análisis de variancia (ANVA) para cada uno de los dos experimentos y características en forma independiente. Finalmente, se realizó la prueba de Tukey a un nivel de significación del 5% con los datos estadísticamente significativos procedentes del análisis de variancia.

Modelo aditivo lineal para el análisis individual

$$Y_{ijk} = u + T_i + B_j + E_{ijk} + E_{ij}$$

Donde:

$i = 1,2,3 \dots t$ (Accesiones o genotipos)

$j = 1,2,3 \dots r$ (Bloques o repeticiones)

Y_{ij} = Observación del i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque.

u = Media general

T_i = efecto del genotipo de la i -ésima accesión.

B_j = efecto del j -ésimo bloque.

E_{ijk} = efecto aleatorio del error experimental asociado a Y_{ij}

Luego para cada experimento se aplicó la prueba de homogeneidad de variancias empleando la prueba de Snedecor y Stevens (Calzada, 1982), para realizar el análisis combinado se usó el coeficiente Box, para la selección de variables que permiten ser analizados por menor distancia entre los cocientes del mayor y menor valor de los cuadrados medios de los análisis de variancia independientes por experimento.

Modelo aditivo lineal para el análisis combinado

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j(k) + T_i + \alpha_k + (T\alpha)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3, \dots$ t (Genotipos)

$j = 1, 2, 3, \dots$ r (Bloques)

$k = 1, 2, 3, \dots$ e (épocas)

Y_{ijk} = Observación del i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque sistema k -ésima.

μ = Media general

$\beta_j(k)$ = efecto del j -ésimo bloque dentro de la k -ésima sistema.

T_i = efecto del i -ésimo genotipo. α_k = efecto de la k -ésima sistema.

$(T\alpha)_{ik}$ = efecto de la interacción del i -ésimo tratamiento con la k -ésima sistema.

ε_{ijk} = Efecto aleatorio del error.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Comportamiento agronómico, la respuesta al mildiú y la calidad de variedades de diverso origen de la región andina en dos sistemas de cultivo.

4.1.1 Caracteres agronómicos

Para el sistema de cultivo orgánico (SCO), en la Tabla 14 se presentan los resultados del ANVA donde se constatan diferencias altamente significativas (p -valor <0.0001) entre variedades para rendimiento, biomasa, índice de cosecha y altura de planta. Por otro lado, para porcentaje de proteína, porcentaje de saponina y peso de mil granos no se encontró diferencias significativas. Los coeficientes de variación para rendimiento, biomasa, índice de cosecha, altura de planta, fase de floración y maduración, peso de mil granos, porcentaje de proteína de granos y porcentaje de saponina de granos son 11.39, 11.15, 6.95, 3.60, 1.74, 1.88, 13.72, 2.82 y 29.35 %; respectivamente.

De igual modo para el sistema de cultivo convencional (SCC), en la Tabla 14 se presentan los resultados del ANVA y se constata que hay diferencias altamente significativas (p -valor <0.0001) entre variedades para rendimiento, biomasa, índice de cosecha, altura de planta, fase de floración y maduración. Por otro lado, para proteína, peso de mil granos y saponina no se encontró diferencias significativas. Los coeficientes de variación para rendimiento, biomasa, índice de cosecha, altura de planta, fase de floración y maduración, peso de mil granos, porcentaje de proteína de granos y porcentaje de saponina de granos fueron 38.51, 30.7, 6.95, 3.6, 2.09, 2.47, 7.59, 4.87 y 37.93 %; respectivamente.

4.1.1.1 Rendimiento

En la Tabla 15 se presentan los valores medios de rendimiento de las variedades en el SCO. El rendimiento varía de 81.77 a 1578.13 kg/ha, hay diferencias significativas entre estos dos valores. Siendo el rendimiento promedio de las variedades en el sistema orgánico de 726.17 kg/ha. El menor rendimiento se observa en la variedad Ancovinto y el mayor en la variedad Blanca de Junín.

Los rendimientos observados en el SCC figuran en la Tabla 15. El rendimiento vario de 159.4 a 2494.77 kg/ha con diferencias significativas entre estos dos y el rendimiento promedio de las variedades en el sistema convencional fue igual a 1174.23 kg/ha. La variedad Ancovinto tuvo el menor rendimiento y el mayor la variedad Blanca de Junín.

El rendimiento vario de 120.58 a 2036.45 kg/ha, el mayor rendimiento corresponde a la variedad Blanca de Junín que es superior en 94.7 % a la variedad Ancovinto con el menor rendimiento. Las variedades introducidas, Kellu y Ancovinto muestran los rendimientos más bajos en promedio de los sistemas de cultivo (Tabla 14).

Por otro lado, el rendimiento observado en los sistemas, en efecto combinado de variedades (promedio de variedades), muestra valores estadísticamente diferentes siendo el rendimiento de 726.17 y 1174.22 kg/ha para el sistema orgánico y el sistema convencional; respectivamente (Tabla 14).

León (2017) en el valle de Mantaro reportó rendimientos de 2653.8 y 2332 kg/ha con fertilizantes químicos y guano de isla, respectivamente y estos rendimientos son superiores al que se logró en este estudio, donde adicionalmente se tuvo factores climáticos adversos. Gordon (2011) indica que hay una ineficiencia de los fertilizantes orgánicos (guano de isla) frente a los convencionales a corto plazo.

Sin embargo, estos rendimientos están dentro del rango mencionado por Apaza et al. (2013) y similares a los informados por Aracena y Bitancor (2018) que al comparar la respuesta con fertilización orgánica (guano de cabra) y una química utilizando urea (100 kg/ha) reportan rendimientos de 1715.83 kg/ha y 1360.36 kg/ha, para urea y guano de cabra, respectivamente.

Por otro lado, Tapia (1997) citado por Condori (2008) menciona que la aplicación del testigo (0 t/ha) y con 2 t/ha estiércol de llama, produce 208.39 y 204.83 kg/ha, respectivamente. Mendoza et al., (2016) con dos variedades (Altiplano y Salcedo) y cuatro dosis de fertilizantes convencional (100, 200, 300 y 400 kg/ha de nitrógeno en forma de sulfato de amonio), encontró que a medida que se aumenta la dosis también se aumentan los rendimientos de 1.7 a 2.9 t/ha; sin embargo, con dosis superiores a 200 kg/ha de N, el rendimiento fue disminuyendo Molina-Ceballos (2014) y Pilar-Pacón (2014) citados por

Mendoza et al., (2016). Borda (2018) reporta para la variedad Blanca de Junín con un nivel de 120 kg N/ha de urea y guano de isla valores de rendimiento iguales a 3484.22 y 3569.70 kg/ha, respectivamente y estos rendimientos son mayores a los obtenidos en el presente experimento.

El rendimiento puede ser influenciado por la fuente de fertilización nitrogenada (orgánica o química), el nivel de fertilidad del suelo, la época de siembra, la variedad empleada, el control de plagas y de las condiciones ambientales. En este estudio, probablemente el menor rendimiento observado, especialmente en el cultivo orgánico, se debió a la alta susceptibilidad de las variedades al mildiú y la baja precipitación durante la fase de establecimiento del experimento. Geert et al., (2009) citado por García et al., (2014) menciona que condiciones de fertilidad pobre y estrés hídrico originan bajos rendimientos en campo.

4.1.1.2 Biomasa

En el SCO, el rango de biomasa varia de 42.33 a 1064 kg/ha y con un valor medio de 359.25 kg/ha. Se observan diferencias significativas entre los valores de biomasa. La variedad Blanca de Junín es la que presenta mayor biomasa 1064 kg/ha y superior en 96% a la menor biomasa de la variedad Ancovinto (Tabla 15).

En el SCC, el rango de biomasa varia de 69.33 a 1286.33 kg/ha y con un valor medio de 446.8 kg/ha, con diferencias significativas entre los valores de biomasa. La variedad Blanca de Junín alcanza mayor biomasa y la variedad Ancovinto menor biomasa (Tabla 15).

Bertero (2001) citado por Neyra (2014) menciona que cultivares del altiplano con mayor biomasa presentan mayor valor de área foliar y de tasa fotosintética, esto concuerda con los resultados en este estudio con las variedades Blanca de Junín y Pasankalla (Tabla 15). El mismo autor menciona que el tratamiento con un fertilizante orgánico complejo (estiércol, biol y bacterias nitrificantes) alcanza mayor biomasa y es superior en 51.6% al tratamiento testigo. Franco (2018) señala que la deficiencia de nitrógeno puede inhibir la división celular lo que determina una marcada reducción en el crecimiento de órganos, como tallos y hojas; asimismo, señala que al incrementar la dosis de urea se aumenta el peso de biomasa de 39.49 a 56.34 g/pl, sin embargo, al superar los 200 kg N/ha, ocurre un descenso de los

valores. Comportamiento que se repite en sus evaluaciones de índice de cosecha y altura de planta.

4.1.1.3 Índice de cosecha

En el SCO, el mayor índice de cosecha se observa en la variedad Pasankalla igual a 46 %, las variedades Blanca de Junín y Ancovinto tienen 30.67 % y el promedio general fue 35.25%, entre estos valores existen diferencias significativas (Tabla 15).

En el SCO, el mayor porcentaje de índice de cosecha fue se constata en la variedad Pasankalla con 43.6 % y el menor el de las variedades Blanca de Junín y Kellu siendo sus valores 40 % y 35.3 % respectivamente, con un promedio general igual a 40.5 %. La prueba Tukey muestra diferencias estadísticas significativas entre los valores de índice de cosecha de las variedades estudiadas (Tabla 15).

4.1.1.4 Altura de Planta

En el SCO, las alturas de las plantas fluctúan de 66.33 a 148.67 cm y el mayor valor se observa en la variedad Blanca de Junín y el menor valor por la variedad Ancovinto y el valor promedio del experimento de 102.56 cm (Tabla 15). Hay diferencias estadísticamente significativas entre estos valores.

En el SCC, esta característica fluctúa en un rango de 61.2 a 175 cm con diferencias estadísticamente significativas entre estos valores. El mayor valor fue alcanzado por la variedad Blanca de Junín y el menor por la variedad Ancovinto y el valor promedio del experimento fue igual a 112.76 cm (Tabla 15).

Neyra (2014) al comparar diferentes tratamientos de fertilizantes orgánicos observó diferencias significativas en la variable altura de planta, reportando 172.3 cm con el tratamiento mezcla de estiércol, biol y bacterias nitrificantes; 160.1 cm con el tratamiento con estiércol y 152.4 cm con el tratamiento testigo. Alcon y Bonifacio (2018) reportan mayor altura con fertilización nitrogenada con urea que con estiércol de asimilación lenta. Los ecotipos de quinua de valle interandino alcanzan un gran tamaño en condiciones de alta fertilización, por una mayor disponibilidad de nutrientes las plantas desarrollan más eficientemente hojas y tallos, menciona Mujica (1993) citado por Borda (2018).

4.1.1.5 Días a la Floración

En el SCO, la fase de floración fluctúa de 42.67 a 63 días y con un valor medio de 54 días. Se observa diferencias significativas entre los valores de días a floración. La variedad Ancovinto fue la más precoz y la variedad Blanca de Junín, la más tardía. (Tabla 15).

En el SCC, el rango de días para alcanzar la fase de floración varia de 49.67 a 66.33 días y con un valor medio de experimento igual a 57.25 días. Se observa diferencias significativas entre los valores de días a floración. La variedad Ancovinto fue la más precoz y la variedad Blanca de Junín la más tardía (Tabla 15).

4.1.1.6 Días a la Maduración

En el SCO, la fase de maduración dura entre 75.65 a 142.67 días y con un valor medio de 115.92 días. Se observa diferencias significativas entre los valores de días a maduración. La variedad Ancovinto presenta mayor precocidad y la variedad Blanca de Junín la más tardía (Tabla 15).

En el SCC, el rango de días para alcanzar la fase de maduración varia de 107 a 149.33 días y con un valor medio de 126.67 días. Se observa diferencias significativas entre los valores de días a maduración. La variedad Ancovinto fue la más precoz y la variedad Blanca de Junín la más tardía (Tabla 15).

Tabla 14. Análisis de varianza para rendimiento (kg/ha), biomasa (kg/ha), índice de cosecha (%), altura de planta (cm), floración y maduración (dds) de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.

Fuente de variación	GL	Rendimiento		Biomasa		Índice de cosecha		Altura de planta		Floración (40)		Maduración (70)	
		Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional
Repetición	2	1322	1136417.73	1180.5	24340	2	2	52.08	52.08	2.0	0.01	12.17	2.67
Variedades	3	4981628.18**	10812956.43**	20913118.92**	2903465.67**	480.25**	480.25**	12323.29**	12323.29**	696.67**	483.58**	7430.25**	3083.33**
Error	6	41036.97	1227135.6	9632.83	112907.83	36	36	81.98	81.98	5.33	8.67	28.50	58.67
Total	11	5035888.15	13176509.76	2102132.25	304071367	518.25	518.25	12457.35	12457.35	704.00	492.25	7470.92	3144.67
CV (%)		11.39	38.51	11.15	30.7	6.95	6.95	3.6	3.6	1.74	2.09	1.88	2.47
Media		726.165	1174.21	359.25	446.83	35.25	40.5	102.56	112.76	54.0	57.25	115.92	126.67

Tabla 15. Rendimiento (kg/ha), biomasa (kg/ha), índice de cosecha (%), altura de planta (cm), floración y maduración (dds) de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de significación Tukey ($\alpha=0.05$).

Variedades	Rendimiento		Biomasa		Índice de cosecha		Altura		Floración (40)		Maduración (70)	
	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional
Blanca de Junín	1578.13a	2494.77a	1064a	1286.33a	30.67b	35.33b	148.67a	175a	63.00a	66.33a	142.67a	149.33a
Pasankalla	1121.33b	1647.4ab	276.67b	299b	46a	43.67a	115.23b	125.17b	58.33b	59.67b	127.66b	133.00b
Kellu	123.43c	395.3bc	54c	132.67b	33.37b	40b	80c	89.7c	52.00c	53.33c	117.67c	117.33c
Ancovinto	81.77c	159.4c	42.33c	69.33b	30.67b	43b	66.33d	61.2d	42.67d	49.67d	75.65d	107.00d

4.1.2 Respuesta al mildiu

4.1.2.1 Grado de severidad

En la Tabla 16 se presentan los resultados del ANVA del nivel de severidad observado en las cuatro variedades estudiadas en los dos sistemas de cultivo, se consideraron para este análisis cuatro fechas de evaluación, la de los 47, 61, 75 y 89 días después de la siembra, fechas en las cuales se evaluaron las cuatro variedades y se aprecian diferencias significativas para variedades en la evaluación a los 61 días y a los 75 días y diferencias altamente significativas a los 89 días para el sistema orgánico y significativas para el sistema convencional (Tabla 16).

En el SCO, los coeficientes de variación son: 7.02, 8.35, 8.21 y 8.18 %; respectivamente. En el SCC, los coeficientes de variación son 6.08, 27.8, 35,14 y 14.11 %; respectivamente. En la Tabla 17 se presentan los valores de severidad o porcentaje de área foliar dañada por la enfermedad y se observa que existen diferencias significativas entre los valores encontrados para las variedades a partir de los 61 días después de la siembra (dds) en ambos sistemas de cultivo. En el SCO, a los 47 dds el rango de severidad varía de 69.45 a 82.76%, a los 61 días el de 63.89 a 96.67 %, a los 75 días el rango igual a 53.89 a 92.78 % y a los 89 días de 42.78 a 99.33 %. En todas las fechas de evaluación, la variedad Pasankalla presentó menor grado de severidad que las variedades Kellu y Ancovinto. Estas dos últimas presentaron mayor grado de severidad, por lo que se puede inferir que son más susceptibles a *P. variabilis*, agente causal del mildiú de la quinua.

En el SCC, a los 47 dds se aprecia un rango de severidad de 75 a 83.67 %, a los 61 dds de 26.66 a 64.44 %, a los 75 dds de 28.89 a 85.56 % y a los 89 dds de 28.33 a 83.33 %. La variedad con valores más bajos de severidad fue Pasankalla y los mayores valores se registraron entre la variedad Kellu y Ancovinto.

4.1.2.2 Análisis del área bajo la curva de progreso de la enfermedad

Los resultados observados en el SCO, se presentan en la Tabla 18. A los 47 dds se observaron los valores más altos, en general, para las cuatro variedades. A los 61 dds los valores disminuyen significativamente y coincidiendo con los momentos de aplicación de productos orgánicos recomendados para el control de mildiú en ambos sistemas de cultivo. A los 75 dds y 89 dds se observa un ligero incremento o disminución dependiendo de las

variedades. Las variedades Ancovinto y Kellu presentan los valores más altos en todas las fechas de lectura y siendo los más altos los valores de 5114.31 y 5059.88, respectivamente. La variedad Pasankalla muestra los valores más bajos en todas las fechas de evaluación.

En el SCC los valores ABCPE de las variedades estudiadas fueron menores a los del sistema orgánico en las diferentes fechas de evaluación. Los valores más altos corresponden a la evaluación realizada a los 47 dds; las variedades Ancovinto y Kellu presentan los mayores valores (4005.17 y 4302.48), respectivamente. De igual forma la variedad Pasankalla presenta el menor valor con 2687.63. A lo largo del ciclo los valores más altos fueron observados en las variedades Ancovinto y Kellu (Tabla 18).

El comportamiento de las variedades fue similar en ambos sistemas de cultivo. La intensidad de la enfermedad fue más alta en los primeros 47 dds y fue disminuyendo por efecto del control con los productos orgánicos y químicos: respectivamente y los valores fueron, en general disminuyendo con el avance del ciclo de vida del cultivo y la senescencia de las hojas.

Tabla 16. Análisis de varianza de la respuesta mildiu de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.

Fuente de variación	GL	Mildiu							
		47		61		75		89	
		Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional
Repetición	2	126.49	178.67	19.94	385.15	264.15	145.11	178.42	42.11
Variedades	3	315.5	160.67	1797.17*	2250.93*	2941.33*	3012.36*	7290.53**	4661.20*
Error	6	175.54	137.33	268.99	933.38	264.15	218.0	228.71	398.53
Total	11	617.52	476.67	2086.09	3569.45	3468.97	3375.46	7697.66	5101.84
CV (%)		7.02	6.08	8.35	27.8	8.21	13.07	8.18	14.11
Media		77.09	78.67	80.14	44.86	80.7	46.12	75.5	57.78

Tabla 17. Respuesta a mildiu de cuatro variedades de quinua en un sistema orgánico y un sistema convencional (insumos en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de significación Tukey ($\alpha=0.05$)).

Variedades	Mildiu							
	47		61		75		89	
	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional
Blanca de Junín	75.56a	75.33a	74.45bc	40ab	86.11a	28.89b	60.56b	56.11b
Pasankalla	69.45a	75a	63.89c	26.66b	53.89b	32.22b	42.78c	28.33c
Kellu	82.78a	80.67a	85.56ab	48.33ab	92.78a	85.56a	99.33a	83.33a
Ancovinto	80.56a	83.67a	96.67a	64.44ab	90a	57.78ab	99.33a	63.34ab

Tabla 18. Valores de Área bajo la Curva del progreso de la Enfermedad (ABCPE) de mildiu de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico (insumos orgánicos) y un sistema convencional (insumos inorgánicos) en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.

Variedades	Progreso de la Enfermedad (ABCPE)									
	ABCPE 1		ABCPE 2		ABCPE 3		ABCPE 4		ABCPE	
	47		61		75		89		Total	
	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional
Blanca de Junín	1166.70	1149.98	1050.07	807.31	1123.92	482.23	1026.69	595.0	4367.38	3034.51
Pasankalla	1045.87	1140.0	933.38	711.62	824.46	412.16	676.69	423.85	3480.40	2687.63
Kellu	1288.35	1280.03	1178.38	903.0	1248.38	937.23	1344.77	1182.23	5059.88	4302.48
Ancovinto	1241.7	1265.03	1240.61	1036.77	1306.69	855.54	1325.31	847.84	5114.31	4005.17

4.1.3 Caracteres de Calidad

En la Tabla 19 se observa para el SCO que solo existen diferencias altamente significativas para variedades en contenido de saponina del grano. Los coeficientes de variación en para peso de mil granos, para contenido de proteínas de los granos y para contenido de saponina en los granos son 13.72, 2.82 y 29.35 %; respectivamente. Por otro lado, en el SCC las diferencias significativas se observan t en variedades y saponina, siendo los coeficientes de variación para peso de mil granos, para contenido de proteínas de los granos y para contenido de saponina en los granos (7.59, 4.87 y 37.93 %); respectivamente.

4.1.3.1 Peso de 1000 granos

En el SCO, las variedades Pasankalla y Kellu muestran los mayores valores para peso de mil granos y la variedad Ancovinto el menor valor (3.88 g y 3.11 g; respectivamente) (Tabla 20) y no mostraron diferencias significativas. La media del experimento fue igual a 3.52 g.

En el SCC, las variedades Pasankalla y Ancovinto muestran los mayores valores para peso de mil granos con 3.91 g y 3.9 g respectivamente y la variedad Blanca de Junín el menor valor con 3.21 g (Tabla 20) y no se constata diferencias significativas. La media del experimento es igual a 3.5 g.

4.1.3.2 Porcentaje de Proteína de Granos

En la Tabla 20 se observa un rango de 13.33 a 15.33 % y estos valores difieren estadísticamente. El mayor valor corresponde a la variedad Ancovinto y el menor en la variedad Pasankalla. El promedio del experimento fue igual a 14.37 %.

En el SCC, se observa un rango de 13.6 a 15.67 %, estos valores difieren estadísticamente. El valor más bajo corresponde a la variedad Pasankalla y el valor más alto a la variedad Kellu. El promedio del experimento es igual a 14.95 % (Tabla 20).

4.1.3.3. Porcentaje de saponina del grano

En la Tabla 20 se presentan los datos observados en el SCO, los cuales fluctúan de 0 a 1.54%, el menor valor corresponde a la variedad Pasankalla y el mayor a la variedad Kellu y estos

valores difieren estadísticamente (Prueba de Tukey, $\alpha=0.05$). El promedio del experimento fue de 0.80 %.

En el SCC, los rangos van de 0 a 1.4% el menor valor corresponde a Pasankalla y el mayor valor de saponina a la variedad Kellu y estos valores difieren estadísticamente. El promedio del experimento es 0.90 %. (Tabla 20).

Tabla 19. Análisis de varianza para proteína de granos (%) y saponina de granos (%) de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.

Fuente de variación	GL	Peso de mil granos		Proteína		Saponina	
		Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional
Repetición	2	0.28	0.02	0.61	0.46	0.06	0.41
Variedades	3	1.57	0.96	8.71	9.75	4.26**	3.49*
Error	6	1.4	0.46	0.99	2.98	0.33	0.71
Total	11	3.25	1.44	9.77	13.91	4.65	4.61
CV (%)		13.72	7.59	2.82	4.87	29.35	37.93
Media		3.52	3.66	14.37	14.45	0.8	0.9

Tabla 20. Peso de mil granos (g), proteína de granos (%) y saponina de granos (%) de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).

Variedades	Peso de mil granos		Proteínas		Saponina	
	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional
Blanca de Junín	3.2a	3.21a	13.8b	13.6b	0.5b	1.07a
Pasankalla	3.88a	3.91a	13.33b	13.57b	0b	0b
Kellu	3.88a	3.62a	15.0a	15.67a	1.54a	1.4a
Ancovinto	3.11a	3.9a	15.33a	14.97a	1.17a	1.16a

4.1.4.Comparativo de los dos sistemas de cultivo en promedio de variedades y de las variedades en promedio de los dos sistemas de cultivo

En la Tabla 21 se presentan los resultados del ANVA combinado para rendimiento, biomasa, índice de cosecha, altura de planta, floración y maduración. Para sistemas de cultivo existen diferencias significativas para rendimiento y biomasa (p -valor <0.05) y diferencias altamente significativas para altura de planta, floración y maduración (p -valor <0.0001). Para variedades se observan diferencias altamente significativas para rendimiento, biomasa, altura de planta, floración y maduración (p -valor <0.0001). Para la interacción sistema x variedades se constata diferencias significativas para altura de planta, floración y maduración (p -valor <0.05). El coeficiente de variación para rendimiento, biomasa, índice de cosecha, altura de planta, floración y maduración son 34.21, 25.07, 15.8, 6.12, 1.94 y 2.22 %; respectivamente.

4.1.4.1. Caracteres agronómicos

Rendimiento

En la Tabla 22 se presentan los valores medios de rendimiento de las variedades, en promedio de los dos sistemas de cultivo, y se observan diferencias significativas entre los valores. El rendimiento vario de 120.58 a 2036.45 kg/ha, correspondiendo el menor rendimiento a la variedad Ancovinto y el mayor rendimiento a la variedad Blanca de Junín que la supero en 94.7 %.

Los rendimientos de los dos sistemas, en promedio de las variedades estudiadas, fueron 726.17 y 1174.22 kg/ha para el sistema orgánico y el sistema convencional y son significativamente diferentes. El rendimiento se redujo en un 38.16 % en el sistema orgánico (Tabla 22).

Resultados de experimentos similares muestran una tendencia a un menor rendimiento en el sistema orgánico, resultado que concuerda con una ineficiencia de los fertilizantes orgánicos (guano de isla) frente a los convencionales a corto plazo Gordon (2011).

Biomasa

En la Tabla 22 se presentan los valores medios de biomasa observados, en promedio de los dos sistemas de cultivo, y se observan diferencias significativas entre los valores

(Prueba Tukey $\alpha=0.05$). La biomasa vario de 55.83 a 1175.17 kg/ha, correspondiendo la menor biomasa a la variedad Ancovinto y la mayor a la variedad Blanca de Junín.

Para los dos sistemas, en promedio de las variedades estudiadas, los valores de biomasa fueron 359.25 y 446.83 kg/ha para el sistema orgánico y el sistema convencional y estos valores no difieren significativamente y la reducción de biomasa fue 19.6 % en el sistema orgánico (Tabla 23).

Velasco (2015), menciona que la cantidad de nitrógeno en las últimas etapas del ciclo, determina que la actividad fotosintética de la parte vegetativa se prolongue, acumulándose más materia seca y un mayor peso de biomasa consecuentemente.

Índice de cosecha

En la Tabla 22 se presentan los valores medios de índice de cosecha observados, en promedio de los dos sistemas de cultivo, y se observan diferencias significativas entre los valores. El índice de cosecha vario de 33.0 a 44.83 %, correspondiendo el menor valor a la variedad Blanca de Junín y el mayor a la variedad Pasankalla.

Los índices de cosecha de los dos sistemas, en promedio de las variedades estudiadas, fueron 35.25 y 40.5 % para el sistema orgánico y convencional, y no muestran diferencias significativas, sin embargo, se observó una reducción del 19.6 % en el sistema orgánico (Tabla 23).

El índice de cosecha muestra la eficiencia de la planta en la producción de granos en el porcentaje total de biomasa formada según Apaza (1995) citado por Ramírez (2016) los índices de cosecha varían entre 21 a 45 % dependiendo de las variedades. El mismo autor menciona que Quillatupa (2009) encontró variedades con mayor índice de cosecha, precoces y de menor tamaño.

Altura de planta

La altura vario de 63.7 a 161.8 cm, el menor valor corresponde a la variedad Ancovinto y el mayor valor a la variedad Blanca de Junín y estos valores difieren estadísticamente entre sí (Tabla 22). La variedad Ancovinto en condiciones de Chile alcanza una altura entre 118 a 155.6 cm (Maturana, 2021) sin embargo en el presente trabajo de investigación alcanza la

menor altura. Por otro lado, la variedad Blanca de Junín, una quinua de valle y originaria del lugar donde se condujo el experimento alcanzó una altura similar a lo mencionado por Apaza (2013).

La altura de planta de los dos sistemas, en promedio de las variedades estudiadas fueron de 102.56 y 112.77 cm para el sistema orgánico y el sistema convencional, mostraron diferencias significativas, sin embargo, se redujo en un 9.05 % en el sistema orgánico (Tabla 23).

Mujica (2013) citado por Huahuachampi (2015) menciona que la altura de planta varía por efecto de los genotipos, densidad de siembra, fertilización y condiciones del cultivo, de 1.1 a 2 m sin embargo en su experimento con fertilización con guano de isla obtiene una altura promedio de 1.41 y 1.49 m, sin y con abono de fondo de compost respectivamente.

Días a la Floración

El rango de días a la floración de las variedades, en promedio de los dos sistemas, vario de 46.17 días a 64.6 días (Tabla 22). El menor valor fue observado en la variedad Ancovinto y el mayor valor en la variedad Blanca de Junín con diferencias significativas entre estos valores. Estos valores son menores a los mencionados por los FIA (2016) y Apaza (2013). En la Tabla 22, se muestra los días a la floración de quinua en los sistemas de cultivo, en promedio de variedades, y los valores fueron iguales a 57.25 días en el sistema convencional y 54 días en el sistema orgánico y hay diferencias estadísticas significativas entre estos valores y una reducción del 5.68 % en el periodo de floración en el sistema orgánico. Al respecto, Ramírez (2016) en condiciones de costa, observó que los días a floración en el sistema convencional fueron menores al sistema orgánico con 64 y 72 días: respectivamente.

4.1.4 Días a la Maduración

Los días a la maduración de las variedades, en promedio de los sistemas de cultivo estudiados, ocurrió desde 91.33 días a 146 días y existiendo diferencias estadísticas significativas entre los valores. El menor valor con Ancovinto y el mayor valor en Blanca de Junín (Tabla 22). Valores que son menores a los mencionados por los FIA (2016) y Apaza (2013), de 143 y 144 dds respectivamente.

A nivel de sistemas, en promedio de las variedades, los días a la maduración en el SCC fue 126.67 días y en el SCO 115.92 días, existen diferencias estadísticas significativas entre estos valores y un 8.49 % de reducción en el sistema orgánico (Tabla 23). Estos resultados son diferentes a los observados por Ramírez (2016) que menciona una maduración más temprana en el sistema convencional a comparación del sistema orgánico, con 103.8 a 111.8 días respectivamente.

Tabla 21. Análisis de varianza combinados para rendimiento (kg/ha), biomasa (kg/ha), índice de cosecha (%), altura de planta (cm) y fase fenológica de floración y maduración (dds) de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.

Fuente de variación	GL	Rendimiento	Biomasa	Índice de cosecha	Altura de planta	Floración (40)	Maduración (70)
Sistemas	1	1204492.82*	46025.04*	165.38	625.26**	63.37**	693.38**
Repetición*Sistemas	2	454784.49	7464.08	32.25	50.84	1.0	9.75
Variedades	3	15203725.59**	4955537.13**	446.13	33233.53**	1481.3**	9624.79**
Sistemas * Variedades	3	590859.02	39247.46	163.79	734.57*	32.12*	888.79**
Error	12	1268172.57	122540.67	429.83	520.74	14.0	87.17
Total	23	19416890.72	5188870.96	1276.63	35211.22	1259.63	11308.96
CV (%)		34.21	25.07	15.8	6.12	1.94	2.22
Media		950.19	403.04	37.875	107.67	55.62	121.95

Tabla 22. Rendimiento (kg/ha), biomasa (kg/ha), índice de cosecha (%), altura de planta (cm) y fase fenológica de floración y maduración (dds) de cuatro variedades de quinua en promedio de dos sistemas de cultivo en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).

Variedades	Rendimiento	Biomasa	Índice de cosecha	Altura	Floración (40)	Maduración (70)
Blanca de						
Junín	2036.45a	1175.17a	33b	161.83a	64.6a	146a
Pasankalla	1384.37b	287.83b	44.83a	120.2b	59b	130.3b
Kellu	259.37c	93.33c	36.83ab	84.85c	52.67c	117.5c
Ancovinto	120.58c	55.83c	36.83ab	63.77d	46.17d	91.33d

Tabla 23. Rendimiento (kg/ha), biomasa (kg/ha), índice de cosecha (%), altura de planta (cm) y fase fenológica de floración y maduración (dds) de dos sistemas de cultivo en promedio de cuatro variedades de quinua en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).

Sistemas	Rendimiento	Biomasa	Índice de cosecha	Altura	Floración (40)	Maduración (70)
Convencional	1174.22a	446.83a	40.5a	112.77a	57.25a	126.67a
Orgánico	726.17b	359.25a	35.25a	102.56b	54b	115.92b

4.1.4.2. Respuesta al mildiu

Grado de severidad

En la Tabla 24 se presentan los resultados del Análisis combinado de la respuesta al mildiú en las cuatro fechas evaluadas durante el ciclo de vida. Para sistemas, se puede apreciar diferencias altamente significativas (p -valor <0.0001) para los 61, 75 y 89 dds. Para variedades diferencias significativas (p -valor <0.05) a los 47 dds y diferencias altamente significativas (p -valor <0.0001) para los 61, 75 y 89 dds. Para la interacción sistemas x

variedades hay diferencias significativas (p -valor <0.05) a los 75 y 89 dds. Los coeficientes de variación para 47, 61, 75 y 89 dds son 6.56, 16.02, 9.99 y 10.85 %; respectivamente.

Evaluación a los 47 días

La severidad de mildiu fluctuó entre 72.22 a 82.11 % correspondiendo la menor infección a la variedad Pasankalla y la mayor a la variedad Kellu con diferencias estadísticamente entre sí (Tabla 25). La severidad observada en los sistemas, en efecto combinado de variedades (promedio de variedades), muestra valores no estadísticamente diferentes siendo la severidad de 77.09 y 78.67 % para el sistema orgánico y el sistema convencional; respectivamente (Tabla 26).

Evaluación a los 61 días

El rango de severidad de mildiu de las variedades en el efecto combinado de sistemas vario de 45.28 a 80.56 % (Tabla 25). La menor infección fue observada en la variedad Pasankalla y la mayor en la variedad Ancovinto con diferencias significativas entre estos valores.

En la Tabla 26 se muestra el nivel de severidad de mildiu en quinua en cada sistema de cultivo, en promedio de variedades, y los valores fueron iguales a 44.86 % en el SCC y 80.14% en el SCO y hay diferencias estadísticas significativas entre estos valores.

Evaluación a los 75 días

El porcentaje de severidad en hojas de cuatro variedades de quinua, en promedio de los sistemas de cultivo estudiados, vario de 43.06 a 79.17 % con diferencias estadísticas significativas entre estos valores. La menor infección fue detectada en Pasankalla y la mayor severidad en la variedad Kellu (Tabla 25).

A nivel de sistemas de cultivo, en promedio de las variedades, el porcentaje de severidad de mildiu en el sistema convencional fue igual a 46.12 % y en el sistema orgánico fue 80.7 % y existen diferencias estadísticas significativas entre estos valores (Tabla 26).

Evaluación a los 89 días

En la Tabla 25 se presentan los valores medios de severidad de mildiu en el follaje de las variedades en efecto combinado de sistemas o en promedio de sistemas. La severidad

vano de 35.56 a 91.33 %, el menor valor corresponde a la variedad Pasankalla y el mayor a la variedad Kellu, estos valores difieren estadísticamente entre sí.

Por otro lado, el nivel de severidad de mildiu observado en los sistemas, en efecto combinado de variedades (promedio de variedades), mostró valores estadísticamente diferentes siendo la infección de 75.5 y de 57.78 % para el SCO y el SCC; respectivamente (Tabla 26).

Durante el desarrollo del experimento las temperaturas fluctuaron entre 0.51 a 20.41°C y la humedad en el rango de 72.05 a 83.81%. Danielsen y Ames (2000) mencionan que una humedad relativa de 80 % y una temperatura entre 15 a 25 °C, favorecen el desarrollo del mildiú y esta enfermedad puede causar pérdidas en el rendimiento entre 33 y 58 % mientras que en alta presión del inóculo o un 100 % de severidad puede afectar la rentabilidad del agricultor (Risco y Mattos, 2015; Deza, 2021; Ttacca et al., 2021).

Gabriel et al., (2012) al evaluar el comportamiento de 36 accesiones de quinua con control orgánico (bioinsumos) y químico y reporta diferencias notorias dentro de la respuesta de cada accesión y que los rendimientos más altos igual a 7.5t fueron obtenidos con el control químico y muy superior al obtenido con bioinsumo que fue de 5.4 t con la misma accesión. También reporta que los cultivares tardíos fueron altamente resistentes al mildiú. **Análisis del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)**

En la Tabla 27, se presentan los valores de ABCPE de las cuatro variedades en las diferentes fechas de evaluación, en promedio de los dos sistemas de cultivo. Los mayores valores fueron observados a los 47 dds en un rango de 1092.94 a 1284.19 y con una tendencia decreciente en las fechas posteriores de evaluación. El valor total de ABCPE al final del ciclo de cultivo vario de 3084.02 a 4681.18, con el menor valor para Pasankalla y el mayor valor para Ancovinto.

El valor de ABCPE, en promedio de las variedades, fue igual a 3507.45 para el SCC y de 4505.49 para el SCO. Igualmente, los valores mayores fueron observados en la primera lectura a los 47 dds y con una tendencia decreciente en las otras fechas de evaluación (Tabla 28).

La enfermedad de mildiú estuvo presente desde el inicio del cultivo en el presente estudio, por la presencia de oosporas en las semillas y en el ambiente. Tapia (1973) citado por Quispe (2015), señala que el mildiú puede afectar a la planta a lo largo del periodo de desarrollo, siendo los daños mayores cuando ataca a plantas jóvenes en las que produce enanismo y afecta su fructificación. Risco y Mattos (2015) informan que las plantas a lo largo del desarrollo y elongación se hacen más susceptible a los patógenos, llegando a ser muy severo en la fase de inicio de formación de panoja.

En la presente investigación se observó una tendencia decreciente en los valores de ABCPE con el avance del ciclo de vida de las plantas probablemente debido al control químico y orgánico aplicado periódicamente durante la campaña agrícola y al inicio de la senescencia de las hojas. No se logró un control total por la alta susceptibilidad de las variedades estudiadas especialmente las variedades introducidas Ancovinto y Kellu las cuales sufrieron una alta defoliación y clorosis en las hojas que redujeron la capacidad fotosintética de las plantas y por lo tanto los rendimientos, lo que ha sido reportado por Danielsen y Ames (2000).

Idrogo (2022) menciona un porcentaje de infección de 1.42, 4.2 y 7.2 % en el tercio superior, medio e inferior de las plantas: respectivamente con fungicidas sintéticos a comparación de otros tratamientos para el control de mildiú que reportan porcentajes mayores de infección. Estos productos tienen la acción fitosanitaria de proteger por fuera y curar por dentro las hojas de las plantas. La aplicación química nuestro menor área afectada debajo del 20 % de ABCPE. Por otro lado, Gabriel et al. (2012) aplicando bioinsumos que incluyen *Trichoderma harzianum*, *T. koningiopsis*, *Basillus subtilis* y *B. amyloliquefaciens* reporta una incidencia entre el 40 al 50 %.

De las cuatro variedades estudiadas, la variedad Pasankalla presenta los valores menores de severidad igual a 72.33% a los 47 dds y de 35.56% a los 89 dds y los valores de ABCPE igualmente con 1697 a los 47 dds y de 550.34 a los 89 dds y totalizando un valor de 3688.3; además con un rendimiento igual a 1121.33 en el sistema orgánico y de 1647.4 en el sistema convencional. Estos resultados no coinciden con Rosas (2015) quien reporta que Pasankalla alcanza una infección igual a 15% de severidad.

El rendimiento observado de Pasankalla, por otro lado, está por debajo del rango reportado de 1807 a 3540 kg/ha por Apaza et al., (2013) y quien a su vez señala que la variedad presenta tolerancia al mildiu

Tabla 24. Análisis de varianza combinado de la respuesta a mildiu de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.

Fuente de variación	GL	Mildiu			
		47	61	75	89
Sistemas	1	15.01	7467.72**	4844**	1884.17**
Repetición*Sistemas	2	190.87	215.44	19.36	43.46
Variedades	3	423.63*	4021.71**	4877.89**	11165.72**
Sistemas * Variedades	2	52.53	26.39	1108.79*	786.00*
Error	12	312.87	1202.36	481.49	627.23
Total	23	1109.2	13123.26	14019.09	14683.66
CV (%)		6.56	16.02	9.99	10.85
Media		77.88	62.5	63.41	66.64

Tabla 25. Respuesta a mildiu de cuatro variedades de quinua en promedio de dos sistemas de cultivo en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).

Variedad	Mildiu			
	47	61	75	89
Blanca de Junín	75.45ab	57.22bc	57.5b	58.34b
Pasankalla	72.22b	45.28c	43.06c	35.56c
Kellu	81.72a	66.95ab	79.17a	91.33a
Ancovinto	82.11a	80.56a	73.89a	81.34a

Tabla 26. Respuesta a mildiu de dos sistemas de cultivo en promedio de cuatro variedades de quinua en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).

Sistema	Mildiu			
	dds			
	47	61	75	89
Convencional	78.67a	44.86b	46.12b	57.78b
Orgánico	77.09a	80.14a	80.7a	75.5a

Tabla 27. Valores de área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) de mildiu de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.

Variedad	Mildiu				
	ABCPE 1	ABCPE 2	ABCPE 3	ABCPE 4	ABCPE
	47	61	75	89	Total
Blanca de Junín	1158.34	928.69	803.04	810.88	3700.95
Pasankalla	1092.94	822.5	618.31	550.34	3084.02
Kellu	1284.19	1040.69	1092.80	1263.5	4681.18
Ancovinto	1253.36	1138.69	1081.15	1086.57	4559.74

Tabla 28. Valores del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) de mildiu de dos sistemas de cultivo en promedio de cuatro variedades de quinua en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.

Sistema	Mildiu				
	ABCPE 1	ABCPE 2	ABCPE 3	ABCPE 4	ABCPE Total
	47	61	75	89	
Convencional	1848.745	864.71	671.79	762.23	3507.45
Orgánico	1811.615	1100.61	1125.86	1093.4	4505.49

4.1.4.3. Caracteres de calidad

En la Tabla 29 se presentan los resultados del ANVA combinado para los caracteres de calidad. Existen altamente significativas (p -valor <0.0001) para variedades en el contenido de proteínas del grano y en el contenido de saponinas del grano. Los coeficientes de variación para peso de mil granos, contenido de proteínas de los granos y contenido de saponina de los granos con 10.97, 3.99 y 34.5 %, respectivamente.

Peso de 1000 granos

En la Tabla 30 se presentan los pesos de mil granos de las cuatro variedades, en promedio de los dos sistemas de cultivo, los valores varían de 3.21 a 3.89 g difiriendo significativamente. El menor valor corresponde a Blanca de Junín y el mayor valor la variedad Pasankalla.

Los valores observados en la presente investigación fueron similares a lo señalado por Apaza (2013) y superior a lo reportado por Quispe (2015) de 3.6g en diferentes líneas mutantes de la variedad Pasankalla en costa central, mientras que en Ayacucho se reporta que la variedad Blanca de Junín obtuvo un peso de grano con 3.1g y superior en 9.7% a la variedad Pasankalla (Núñez, 2018).

El peso de mil granos es una característica que mide indirectamente la calidad ya que un mayor peso se logra con granos más grandes y con mejor llenado de grano y por lo tanto mayor calidad del mismo. Mendoza (2013) reporta pesos de mil granos de 1.22 a 2.71g en costa mientras que en Puno el peso promedio se encentra en el rango de 3.75 a 3.84g señaló Mujica (1999) citado por Quispe (2015). Deza (2018) señaló que el tamaño y el peso de los granos varía entre los cultivares.

En la Tabla 31 se presentan los datos del peso de mil granos detectados en los dos sistemas de cultivo, correspondiendo un valor de 3.66 g y de 3.52g al sistema de cultivo convencional y al orgánico; respectivamente. Datos similares son reportados por Ramírez (2016) que encontró peso de mil granos igual a 2.92 a 3.59g en el sistema convencional y de 2.91 a 3.68g en el sistema orgánico con guano de isla. Apaza (1995) citado por Mendoza (2013) indica que la fertilización tiene un efecto positivo sobre el peso de mil granos. Gabriel et al., (2012) reporta mayores pesos de mil granos en las accesiones con control químico que con las de control con bioinsumo.

Porcentaje de Proteína de granos

En la Tabla 30 se presentan los datos de las cuatro variedades, en promedio de los dos sistemas de cultivo, con un rango de 13.45 a 15.33 %, con el menor valor Pasankalla y el mayor valor Kellu.

En la Tabla 31 se muestra el porcentaje de proteína de granos de quinua producida en cada sistema de cultivo, en promedio de variedades, el sistema convencional tuvo el mayor contenido proteína igual a 14.45 % y el menor de 14.37 % se encontró en el sistema orgánico, y no se observaron diferencias estadísticas significativas entre estos valores.

El contenido de proteínas de las semillas de quinua varía entre 14 a 22% (Gómez y Aguilar, 2016) influenciado por el contenido de materia orgánica y por la facilidad de absorción de minerales como el nitrógeno (Bello et al., 2016). La fertilización tiene una influencia determinante sobre el valor nutricional al incrementar el nivel de nitrógeno de 0, 100, 150, 200 kg/ha, se observó un incremento en porcentaje de proteínas al incrementar la dosis siendo el mayor en la dosis 150 kg/ha (Barrios y Basso, 2018). Caballero et al. (2015) reporta diferencias significativas en el contenido de proteína entre 11.11 y 18.78%. Bajo un sistema orgánico Ramírez (2016) observa que el contenido de proteína utilizando guano de isla fue 12.09% y en el sistema convencional 11.67%, la fertilización orgánica favorece la síntesis de sustancias nutricionales y funcionales presentes en la semilla. Bilalis et al., (2012) citado por García-Parra et al., (2018) señala que la fertilización nitrogenada convencional influye en el contenido de nitrógeno e incrementó los valores nutricionales presentes en el grano (Thanapornpoonpong, 2004; Barrios y Basso, 2018), sin embargo, una elevada aplicación no necesariamente representará alta productividad y calidad de grano (García-Parra et al., 2019).

Porcentaje de saponina de granos

El porcentaje de saponina en granos de cuatro variedades, en promedio de los sistemas de cultivo estudiados, vario de 0 a 1.47 % con diferencias estadísticas significativas entre estos valores. El mayor valor porcentaje de saponina se observa en la variedad Kellu y el menor valor en Pasankalla (Tabla 30)

Quispe (2019) menciona que el contenido de saponina varía entre las variedades o ecotipos, entre el Perú y Bolivia y que se han desarrollado variedades dulces y amargas. Narrea (1976)

citado por Quispe (2015) por su contenido de menor 0.1% y mayor de 0.11 se puede clasificar en dulces y amargas, respectivamente.

La presencia de saponina es una característica heredable, y confiriendo el sabor amargo al grano (Oriundo, 2010) y una característica importante para la industria (Bilalis et al, 2012). En la Tabla 31, se presentan los datos de saponina de quinuas en los dos sistemas de cultivo, en promedio de las variedades, el contenido de saponinas de los granos en el sistema convencional es 0.91% y en el sistema orgánico 0.8% y no existen diferencias estadísticas significativas entre estos valores.

Bilalis et al. (2012) mencionan que hay diferencias significativas en el contenido de saponinas entre los tratamientos de fertilización orgánica siendo el menor 0% y mayor de 0.35%.

Tabla 29. Análisis de varianza combinados para peso de mil granos (g), proteína de granos (%) y saponina de granos (%) de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.

Fuente de variación	GL	Peso de mil granos	Proteína	Saponina
Sistemas	1	0.12	0.04	0.07
Repetición*Sistemas	2	0.07	0.17	0.37
Variedades	3	1.63	16.96**	7.29**
Sistemas * Variedades	3	0.9	0.97	0.45
Error	12	1.86	3.96	1.05
Total	23	4.82	23	9.33
CV (%)		10.97	3.99	34.5
Media		3.59	14.41	0.855

Tabla 30. Peso de mil granos (g), proteína de granos (%) y saponinas de granos (%) de cuatro variedades de quinua en promedio de dos sistemas de cultivo en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).

Variedades	Peso de Mil granos	Proteínas	Saponina
Blanca de Junín	3.21b	13.7b	0.79b
Pasankalla	3.89a	13.45b	0c
Kellu	3.75ab	15.33a	1.47a
Ancovinto	3.5ab	15.15a	1.17ab

Tabla 31. Peso de mil granos (g), Proteína de granos (%) y Saponinas de granos (%) de quinua de dos sistemas de cultivo en promedio de variedades en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).

Sistemas	Peso de mil granos	Proteínas	Saponina
Convencional	3.66a	14.45a	0.91a
Orgánico	3.52a	14.37a	0.8a

4.2. ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA FOTOSINTÉTICA DE CUATRO VARIETADES PROCEDENTES DE DIVERSAS ZONAS AGROECOLÓGICAS DE LA REGIÓN ANDINA.

En la Tabla 32 se aprecia las evaluaciones de clorofila, realizadas en cuatro fechas de siembra en los dos sistemas de cultivo. Para el sistema de cultivo orgánico se constatan diferencias altamente significativas ($p\text{-valor}<0.0001$) en los valores de contenido de clorofila (unidades SPAD) a los 47 dds y a los 89 dds y diferencias significativas ($p\text{-valor}<0.05$) para los valores hallados a los 61 y 75 dds y los coeficientes de variación para los 47, 61, 75 y 89 dds son 2.42, 6.26, 14.23 y 7.41 %; respectivamente.

Para el sistema de cultivo convencional hay diferencias significativas ($p\text{-valor}<0.05$) en todas las fechas de evaluación para el contenido de clorofila (unidades SPAD) y los coeficientes de variación son 6.17, 5.44, 7.47 y 5.43 %; respectivamente.

En la Tabla 33, se presentan los valores medios de contenido de clorofila en unidades SPAD y se aprecia diferencias significativas entre las variedades para esta característica en el sistema de cultivo orgánico en todas las fechas de evaluación y para el sistema de cultivo convencional en forma similar a excepción de los valores de las evaluaciones a los 75 dds. A los 47 dds, los valores de contenido de clorofila unidades SPAD en el sistema orgánico variaron de 41.04 a 52.3 unidades SPAD, la variedad con el menor valor es Kellu y la de mayor valor Pasankalla (Tabla 33). El valor promedio es 47.04 unidades SPAD. En el sistema convencional los valores variaron de 45.01 a 55.54 unidades SPAD, el menor valor corresponde a la variedad Kellu y el mayor valor a la variedad Blanca de Junín (Tabla 33). El promedio del experimento fue 50.39 unidades SPAD.

A los 61 dds, en el SCO el rango de contenido de clorofila fue 40.64 a 53.27 unidades SPAD. El menor valor se observa en la variedad Ancovinto y el mayor en la variedad Pasankalla, con un valor promedio de 47.47 unidades SPAD. En el SCC el rango fue de 42.6 a 51.14 unidades SPAD, el menor valor en Kellu y el mayor valor en Blanca de Junín (Tabla 33). El promedio igual a 47.49 unidades SPAD.

A los 75 dds, para el SCO el menor valor corresponde a la variedad Ancovinto con 32.82 unidades SPAD y el mayor valor a la variedad Pasankalla con 49.28 unidades SPAD y el promedio general 39.73 unidades SPAD. Para el SCC el rango fue de 48.09 a 55.4 unidades y el menor valor en la variedad Kellu el mayor valor en la variedad Pasankalla (Tabla 33). El promedio igual a 51.25 unidades SPAD.

A los 89 dds, en el SCO el rango de contenido de clorofila vario de 0 a 58.58 unidades SPAD. El menor valor corresponde a la variedad Ancovinto y el más alto a la variedad Pasankalla con un promedio de 33.64 unidades SPAD. En el SCC el rango vario de 50.98 a 62.16 unidades SPAD. Kellu con el menor valor y el mayor en Blanca de Junín (Tabla 33). El promedio fue igual a 57.05 unidades SPAD.

Tabla 32. Análisis de varianza del contenido de clorofila en unidades SPAD de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).

Fuente de variación	G	Unidades SPAD								
		L	47		61		75		89	
			SCO	SCO	SCO	SCO	SCO	SCC	SCO	SCC
Repetición	2	1.54	52.23	48.23	51.45	65.74	25.65	5.64	28.33	
Variedades	3	289.43*	317.99*	266.43*	140.35*	584.36*	124	7668.47*	314.69*	
Error	6	7.75	58.00	52.94	40.02	191.67	87.94	37.3	57.33	
Total	11	298.72	428.23	368.59	234.82	841.76	237.59	7711.4	400.55	
CV (%)		2.42	6.17	6.26	5.44	14.23	7.47	7.41	5.43	
Media		47.04	50.39	47.47	47.49	39.73	51.25	33.64	57.05	

Tabla 33. Contenido de clorofila en unidades SPAD de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).

Variedades	Unidades SPAD							
	47		61		75		89	
	SCO	SCC	SCO	SCC	SCO	SCC	SCO	SCC
Blanca de Junín	51.44a	55.54a	50a	51.14a	43.52a	53.37a	57.53a	62.16a
Pasankalla	52.3a	55.53a	53.27a	50.2a	49.28ab	55.4a	58.58a	62.08a
Kellu	41.04b	45.01b	45.98ab	42.6b	33.29b	48.09a	18.43b	52.97b
Ancovinto	43.37b	45.49b	40.64b	46.01ab	32.82b	48.14a	0c	50.98b

Comparativo del Contenido de clorofila (unidades SPAD) en los dos sistemas de cultivo

En la Tabla 34 se presentan los datos del ANVA Combinado para el contenido de clorofila evaluado en los dos sistemas de cultivo. Para sistemas se aprecian diferencias altamente

significativas (p -valor <0.0001) a los 47 dds y 89 dds y diferencias significativas (p -valor <0.05) a los 75 dds. Para variedades existen diferencias altamente significativas (p -valor <0.0001) a los 47 dds y 89 dds y diferencias significativas (p -valor <0.05) a los 61 dds y 75 dds. Para la interacción sistemas x variedades se constatan diferencias altamente significativas (p -valor <0.0001) a los 47 dds y 89 dds. Los coeficientes de variación para los 47 dds, 61 dds, 75 dds y 89 dds son 2.21, 5.86, 10.61 y 6.2 %; respectivamente.

En la Tabla 35 se presentan los valores medios de contenido de clorofila en las fechas evaluadas para las cuatro variedades, en promedio de los dos sistemas de cultivo. Se aprecia que los valores difieren significativamente en las cuatro fechas. A los 47 dds el rango fue de 43.02 a 53.92 unidades SPAD. A los 61 dds el rango vario de 43.33 a 51.73 unidades SPAD. A los 75 dds de 40.48 a 52.34 unidades SPAD. A los 89 dds de 25.49 a 60.33 dds. En todas las fechas evaluadas los menores valores presentan la variedad Ancovinto y los más altos en la Variedad Pasankalla. Se observan valores muy similares en las variedades introducidas y valores similares en las variedades peruanas.

En la Tabla 36 se presentan los valores de contenido de clorofila en los dos sistemas de cultivo, en promedio de las variedades. En el SCO el valor de clorofila a los 47 dds, 61 dds, 75 dds y 89 dds fueron iguales a 47.04, 47.47, 39.73 y 33.64 unidades SPAD; respectivamente. En el Sistema de cultivo los valores para los 47 dds, 61 dds, 75 dds y 89 dds resultan 50.39, 47.49, 51.25 y 57.05; respectivamente con diferencias significativas entre estos valores a excepción de las evaluaciones correspondientes a los 61 dds.

En ambos sistemas los valores de contenido de clorofila de las variedades peruanas Pasankalla y Blanca de Junín fueron muy similares y más altas a las de Ancovinto y Kellu y que a su vez también presentaron valores similares entre ellas. Los valores de contenido de clorofila fueron superiores en el SCC probablemente debido a una mayor cantidad de follaje verde con mayor permanencia en el ciclo de vida de las variedades sobre todo las peruanas. En la presente investigación, uno de los factores determinantes en la senescencia y alta defoliación de las hojas durante el ciclo fue la alta severidad de mildiu y al avance del ciclo más rápido en las variedades precoces introducidas afectando la fotosíntesis. Resultados similares por efecto del mildiu, principal enfermedad en el cultivo de quinua, provocando lesiones cloróticas en la superficie de las hojas afectando el área fotosintética

fue reportado por Deza (2021). El menor contenido de clorofila reduce el desarrollo del cultivo (Patty, 2014)

Un porcentaje de clorofila decreciente puede deberse según Sainz y Echeverria (1998) y Solarte et al., (2010), a una menor presencia de nitrógeno en las hojas en fases más avanzadas, especialmente en variedades más precoces por efecto de la senescencia debido a la pérdida de pigmentos de las hojas. En el caso del cultivo de maíz la reducción del área foliar tiene efectos negativos durante la fase de formación de granos en la mazorca por una menor provisión de carbohidratos Zinselmeier et al., (1999) y McLaughlin y Boyer, (2004) citados por Meléndez (2010).

Tabla 34. Análisis de varianza combinado del contenido de clorofila de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y un sistema convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).

Fuente de variación	GL	Unidades SPAD			
		dds			
		47	61	75	89
Sistemas	1	2227.80**	0.0018	796.38*	3288.17**
Repetición*Sistemas	2	0.67	32.99	62.41	4.37
Variedades	3	6381.52**	330.31*	622.56*	5532.97**
Sistemas * Variedades	2	3161.43**	76.46	85.79	2450.19**
Error	12	8.20	92.95	279.61	94.83
Total	23	11780.93	600.41	1875.73	11400.13
CV (%)		2.21	5.86	10.61	6.2
Media		37.40	47.47	45.49	45.34

Tabla 35. Contenido de clorofila de cuatro variedades de quinua en promedio de dos sistemas de cultivo en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).

Variedad	Unidades SPAD			
	dds			
	47	61	75	89
Blanca de Junín	53.49a	50.57a	48.44ab	59.85a
Pasankalla	53.92a	51.73a	52.34a	60.33a
Kellu	44.45b	44.29b	40.69b	35.7b
Ancovinto	43.02b	43.33b	40.48b	25.49c

Tabla 36. Contenido de clorofila de dos sistemas de cultivo de quinua en promedio de variedades en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022. Prueba de Significación Tukey ($\alpha=0.05$).

Sistemas	Unidades SPAD			
	47	61	75	89
Convencional	50.39a	47.49a	51.25a	57.05a
Orgánico	47.04b	47.47a	39.73b	33.64b

4.3. EVALUACIÓN DEL COSTO DE PRODUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO

4.3.1. Costos de Producción

Sistema convencional - insumos inorgánicos

El costo total por hectárea fue igual a 5568 soles (Tabla 37). Los costos para los rubros de preparación del terreno, mano de obra, fertilizantes y productos de control de enfermedades y plagas tuvieron las siguientes proporciones 21, 12, 62 % respectivamente y se presentan en la Figura 3.

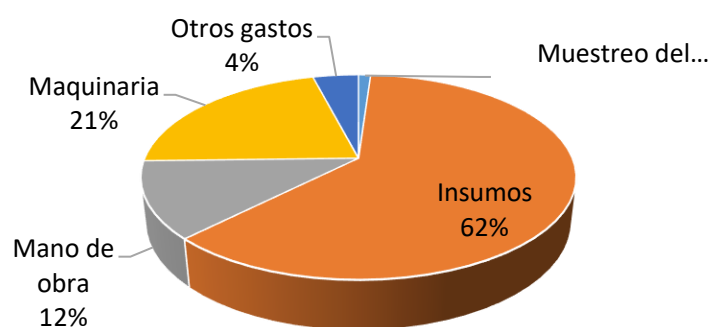


Figura 2. Porcentaje de costo de producción un sistema de cultivo convencional (SCC).

Sistema orgánico - insumos orgánicos

El costo total fue de 6183 soles por hectárea (Tabla 37). Los costos para los rubros de preparación del terreno, mano de obra, fertilizantes y productos de control de enfermedades y plagas muestran las siguientes proporciones 11, 15, 70 % respectivamente (Figura 3).

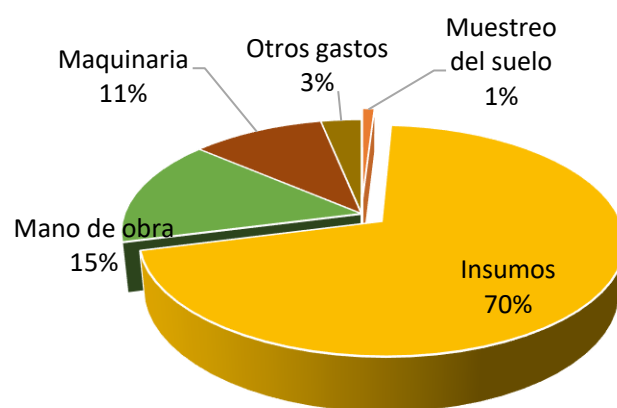


Figura 3. Porcentaje de costo de producción un sistema de cultivo orgánico (SCO).

Los mayores gastos corresponden al costo de fertilizantes e insumos para el control de plagas en ambos sistemas y fueron diferentes para las variedades estudiadas y se presentan en detalle en la Tabla 38.

Variedad Blanca de Junín

- En el sistema convencional se observa el mayor rendimiento (2494.8 kg/ha) y 36.7% superior al sistema orgánico. Con el dato anterior los costos son 2.2 y 3.9 soles para producir un kg de quinua.

Variedad Pasankalla

- En el sistema convencional se constata un rendimiento de 1647.4 kg/ha y 31% superior al sistema orgánico. Lo cual se traduce en un costo de 3.4 y 5.5 soles por kg de quinua.

Variedad Kellu y Ancovinto

- Estas variedades presentan valores negativos de rentabilidad en ambos sistemas en consecuencia los costos de producción por kilogramo de quinua se encuentran entre los 14.1 y 75.6 soles.

4.3.2. Rentabilidad

Sistema de cultivo convencional - insumos inorgánico

La variedad Blanca de Junín muestra el mayor índice de rentabilidad igual a 61.3% y 3413.2 soles de utilidad bajo el sistema convencional, mientras que menor valor de rentabilidad se observa en las variedades extranjeras Kellu y Ancovinto con valores negativos de

rentabilidad de -74.4 y -89.7% y pérdidas de -4144.9 y -4994.2 soles de utilidad respectivamente (Tabla ¿?).

Sistema de cultivo orgánico - insumos orgánico

La variedad Blanca de Junín muestra el mayor índice de rentabilidad igual a 22.5% y 1392 soles de utilidad bajo el sistema orgánico, mientras que menor valor se observa en las variedades extranjeras Kellu y Ancovinto con valores negativos de rentabilidad de -90.4y -9.7% y pérdidas de -5590.5 y -5790.5 soles de utilidad respectivamente (Tabla ¿?).

Tabla 37. Rentabilidad de las variedades de cuatro variedades de quinua en un sistema de cultivo orgánico y convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.

Valorización de la cosecha	Sistema de cultivo convencional				Sistema de cultivo orgánico			
	BJUN	PASK	KELLU	ANCO	BJUN	PASK	KELLU	ANCO
Rendimiento kg/ha	2494.77	1647.4	395.3	159.4	1578.13	1124.33	123.43	81.77
Precio chacra soles	3.6	3.6	3.6	3.6	4.8	4.8	4.8	4.8
Valor bruto de la producción	8981.172	5930.64	1423.08	573.84	7575.02	5396.784	592.464	392.496
Análisis económico								
Valor bruto de la producción	8981.2	5930.6	1423.1	573.8	7575.0	5396.8	592.5	392.5
Costo de la producción total	5568.0	5568.0	5568.0	5568.0	6183.0	6183.0	6183.0	6183.0
Utilidad neta estimada	3413.2	362.6	-4144.9	-4994.2	1392.0	-786.2	-5590.5	-5790.5
Precio chacra soles	3.6	3.6	3.6	3.6	4.8	4.8	4.8	4.8
Costo de producción por kg	2.2	3.4	14.1	34.9	3.9	5.5	50.1	75.6
Margen de utilidad por kg	1.4	0.2	-10.5	-31.3	0.9	-0.7	-45.3	-70.8
Índice de Rentabilidad (%)	61.3	6.5	-74.4	-89.7	22.5	-12.7	-90.4	-93.7

BJUN: Blanca de Junín, PASK: Pasankalla, ANCO: Ancovinto, KELLU: Kellu

Elaboración propia

V CONCLUSIONES

Bajo las condiciones climáticas del experimento, las variedades Blanca de Junín y Pasankalla presentan los mayores rendimientos en ambos sistemas de cultivo; las variedades introducidas con menor rendimiento fueron afectadas probablemente a nuevos factores ambientales diferentes a su centro de origen y la alta susceptibilidad de las variedades introducidas al mildiu.

El contenido de clorofila de las variedades Blanca de Junín y Pasankalla fueron similares en las cuatro fechas evaluadas y con valores más altos que las variedades introducidas bajo los sistemas de cultivo. La menor eficiencia fotosintética de las variedades introducidas se debe principalmente a su alta susceptibilidad al mildiú.

Los costos de producción en el sistema de cultivo orgánico fueron mayores que los del sistema de cultivo convencional debido al alto costo del guano de isla y la mayor frecuencia de aplicación de bioplaguicidas para el control de plagas. Las variedades peruanas Blanca de Junín y Pasankalla, en ambos sistemas, tuvieron mayor rentabilidad con respecto a las variedades introducidas.

VI RECOMENDACIONES

1. Evaluar las variedades introducidas en otras fechas de siembra y en otras localidades para determinar su valor agronómico y su calidad
2. Estudiar niveles de cantidad de semillas por hectárea y distanciamientos entre surcos
3. Emplear un sistema convencional de cultivo con variedades muy susceptibles al mildiu.

VII BIBLIOGRAFÍA

Adhikari, P., Khanal, A. y Subedi, R. (2016). Effect of different sources of organic manure on growth and yield of sweet pepper.

Aguilar, P., y Jacobsen, S., (2003). Cultivation of quinoa on the Peruvian Altiplano. Food

Alcon, G., y Bonifacio, A. (2018). Evaluación de las variables agronómicas de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y calidad de grano con aplicación de niveles de estiércol ovino y urea (Doctoral dissertation).

Alföldi, T., Bickel, R., y Weibl, F. (2001). Vergleichende Qualitätsuntersuchungen. Neue Ansätze und Impulse täten gut. *Ökologie & Landbau*, (117), 11-13.

Alfonso, G., Ochoa, S. y Pérez, Y. (2017). Evaluación de deficiencias nutricionales en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo invernadero. *Siembra*, 4(1), 93-109.

Antezana, E. (2019). Respuesta de quinua (*Chenopodium quinoa*) al estrés de sequía y calor bajo condiciones de La Molina. Tesis para optar el título de ingeniera agrónoma. UNALM. Facultad de Industrias Alimentarias. Lima, Perú.

Álvarez, A. y Céspedes, E. (2017). Catálogo del banco de germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) Programa de Investigación en Quinoa del Centro de Investigación en Cultivos Andinos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Extraído: https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/catalogo_quinoa_lowres.pdf

Amagua, M. (2013). Respuesta a bajas temperaturas de treinta genotipos de papa (*Solanum* spp.), bajo condiciones controladas. Cutuglahua, Pichincha.

Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., y Pinedo, R. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú.

Aracena, E., y Bitancor, M. (2018). Evaluación de cuatro fertilizantes en la producción de quinua. Ediciones INTA.

Astuhuamán, L. (2007). Efecto de la cocción - extrusión en la fibra dietaria y en algunas propiedades funcionales de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis para optar el título de ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALM. Facultad de Industrias Alimentarias. Lima, Perú.

Balsamo, M. (2002). Desarrollo y evaluación de un método afrosimétrico mecánico para la determinación de saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis para optar el título de ingeniero en industrias alimentarias. UNALM, Lima – Perú.

Barrios, M., y Basso, C. (2018). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre componentes del rendimiento y calidad nutricional del grano de seis híbridos de maíz. *Bioagro*, 30(1), 39-48.

Bazile D. et al. (Editores). (2014). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 724 páginas Bello, Ó. F., García Molano, J. F., y Cuervo Bejarano, W. J. (2016). Cuantificación de diazotóforos en la rizósfera del olivo (*Olea europaea* L.) cultivado en Boyacá, Colombia. *Acta Agronómica*, 65(2), 109-115.

Bernardo, J. (2020). Respuesta de una población M3 de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Var. Amarilla Marangani Al Mildiu (*Peronospora variabilis*) en La Molina.

Bhargava, A, Shukla, S. y Ohri, D (2006). *Chenopodium quinoa*: An Indian perspective. *Industrial crops and products* 23, p 73-87

Bilalis, D., Kakabouki, I., Karkanis, A., Travlos, I., Triantafyllidis, V., y Dimitra, H. (2012). Seed and saponin production of organic quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for different tillage and fertilization. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 40(1), 42-46.

Borda, F. (2018). Niveles de urea y guano de isla con y sin zeolita en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Canaria 3200 msnm-Ayacucho.

Borge, M. (2012). Agricultura orgánica: solución de sostenibilidad. *Exito empresarial*, 196, 1-2.

Bruuselma, T., Dibb, D., Reetz, Jr., y Fixen, P. (2003). Productivity of organic cropping systems in: *Better crops* Nol. 87. (2003, No.1). NorthAmerica. P16-18.

Caballero, A., Maceda, W., Miranda, R., y Bosque, H. (2015). Rendimiento y contenido de proteína de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), en cinco fases fenológicas, bajo cuatro

- niveles de incorporación de estiércol. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 2(1), 68-75.
- Calla, J. (2012). Manejo Agronómico del Cultivo de la Quinoa. Guía Técnica. Disponible en <http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/038-b-quinoa.pdf>
- Campos, C. (2018). Accesiones de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ecotipo altiplano en condiciones de costa central.
- Canales, N., Gomez, J., Fielding, M., y Dugarte, M. (2020). Potencial de la quinoa en la bioeconomía de Bolivia. Stockholm Environment Institute.
- Cerron Mercado, F. G. (2013). Efectos de temperatura y tiempo en el desamargado y secado de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd).
- Chávez, V. (2017). El efecto en el cultivo de lechuga del guano de islas y de la roca fosfórica incubados en microorganismos.
- Condori, O. (2008). *Evaluación participativa del riego deficitario y de fertilización orgánica sobre el desarrollo y rendimiento de quinoa (Chenopodium quinoa Willd) en el altiplano sur* (Doctoral dissertation).
- Cosme de la Cruz, R. C., Reynoso Zárate, A. F., y Sanabria Quispe, S. (2020). Efecto del guano de isla en el rendimiento de dos variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en suelo degradado. *Agroindustrial Science*.
- Danielsen, S. y Ames, T. (2000). El mildiu de la quinoa en la zona andina “Manual práctico para el estudio de la enfermedad y del patógeno”.
- Evaristo, O. (2020). Efecto de guano de isla en el rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum Sativum*) variedad quantum en condiciones agroecológicas de la localidad de Purupampa–Panao 2018.
- Deza D. (2021). Respuesta al Mildiú (*Peronospora variabilis*) y variación fenotípica de poblaciones provenientes de cruza interespecíficas del género *Chenopodium* en Generación F4.
- Fairlie, A. (2016). La quinoa en el Perú: cadena exportadora y políticas de gestión ambiental.
- FAO. (2003). Agricultura Orgánica, Ambiente y Seguridad Alimentaria. Servicio del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Departamento de Desarrollo Sostenible.

FAO. (2009). Cambio Climático: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. Política Alimentaria.

FAO. (2011). La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Oficina regional para América y el Caribe. Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science*, 296 (5573): 1694-1697.

FIA. (2006). Innovación tecnológica y creación de una unidad de negocios para la producción mejorada de quinua en la comunidad de Ancovinto, Altiplano de la provincia de Iquique. Proyecto FIA, cod: FIA-PI-C-2004-1- A-079. Iquique – Chile. 103p.

Flores, R. (2016). Comportamiento agronómico de nueve variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo condiciones de zona áridas en la irrigación Majes.

Gabriel, J., Luna, N., Vargas, A., Magne, J., Angulo, A., La Torre, J., y Bonifacio, A. (2012). Quinoa de valle (*Chenopodium quinoa* Willd.): fuente valiosa de resistencia genética al mildiú (*Peronospora farinosa* Willd.). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 3(2), 27-44.

Franco, L. (2018). Eficiencia de utilización del nitrógeno en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) adaptada a la zona norte de la provincia de Los Ríos (Bachelor's thesis, Quevedo-UTEQ).

García, C., Barco, O. y Rosas, I. (2007). Evaluación y transferencia de tecnología para tres genotipos promisorios de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd) en los municipios de Pasto y Guaitarilla del Departamento de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 24(1), 74-87.

García, M., Miranda, R., y Fajardo, H. (2014). Manual de manejo de la fertilidad de suelo bajo riego deficitario para el cultivo de la quinua en el altiplano boliviano. Available at Web site http://www.cazalac.org/mwar_lac/fileadmin/documents/CaribbeanDroughtAtlas/quinua.pdf (verified 5 January 2016).

García-Parra, M. A., García-Molano, J. F. y Carvajal-Rodríguez, D. C. (2018). Evaluación del efecto de la fertilización química y orgánica en la composición bromatológica de semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en Boyacá–Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(2), 99-108.

- García-Parra, M., García-Molano, J., y Deaquiz-Oyola, Y. (2019). Physiological performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under agricultural climatic conditions in Boyaca, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 37(2), 144-152.
- Gomez, L. R., Eguiluz, L., Falconí, J., y Ibañez, M. (2011). Catálogo del banco de germoplasma de quinua (No. F30 G633). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Peru).
- Gómez, L., y Aguilar, E. (2016). Guía de cultivo de la quinua. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Perú. 121 p
- Gómez, R. (2012). La agricultura orgánica: los beneficios de un sistema de producción sostenible.
- Gonzales Gutierrez, J. C. (2019). Materia orgánica y niveles nutricionales en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. La Molina 89.
- González, Á. (2009). Aplicación del medidor portátil de clorofila en programas de mejora de trigo y cebada. *Agroecología*, 4, 111-116.
- Guevara Fernández, E. F. (2017). Comportamiento agronómico de ocho genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el distrito Molinopampa, provincia Chachapoyas, Amazonas, 2017.
- Guillerhua Guillen, G. (2019). Producción de quinua orgánica en la Cooperativa Tierra Andina Andahuaylas, Apurímac 2018.
- Gutiérrez-Rodríguez, M., Reynolds, M., Estrada, J., y Larqué-Saavedra, A. (2005). Algunas consideraciones en la relación entre fotosíntesis y el rendimiento de grano en trigo. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 12(2), 149-154.
- Huahuachampi, A. (2015). Dos niveles de guano de isla en el rendimiento de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), bajo manejo orgánico en el distrito de chiguata, región Arequipa.
- Huanca, R. (2008). Evaluación de diferentes niveles de abono orgánico y riego deficitario sobre el desarrollo y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el altiplano central (Doctoral dissertation).

- Huerta, L. (2015). Evaluación del efecto del guano de isla y EMa en el rendimiento del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en el distrito y provincia de Recuay-Ancash (Doctoral dissertation, Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias agrarias. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz, Perú).
- Idrogo Herrera, R. (2022). Evaluación de productos no convencionales para el control de mildiu (*Peronospora variabilis* Gäum) en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd).
- Julón Ramírez, W. (2016). Resultado de dos sistemas de cultivo en el rendimiento, calidad y rentabilidad de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en costa central.
- IICA. (2015). El mercado y la producción de quinua en el Perú
- León. L. (2017). Los biofertilizantes en el rendimiento de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el valle del Mantaro.
- Macías-Duarte, R., Grijalva-Contreras, R. L., Robles-Contreras, F., Núñez-Ramírez, F., Cárdenas-Salazar, V. A., y Mendóza-Pérez, C. (2021). Índice SPAD, nitratos y rendimiento en sorgo en respuesta al suministro de nitrógeno. *Agronomía Mesoamericana*, 293-305.
- Maeder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P. y Niggi, U. (2002). Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296(5573), 1694-1697.
- MDRYT. (2009). Producción nacional de la quinua en Bolivia. http://www.bolivia.de/fileadmin/Dokumente/DestacadosEmpfehlenswertes_Footer/Politica NacionalQuinoa.pdf
- Mejía Chinchay, M. A. (2012). Niveles de abonamiento orgánico y sintético para optimizar el uso de nutrientes en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), Chontaca (3,500 msnm)-Ayacucho.
- Meléndez, L. (2010). Respuesta al riego deficitario ya la fertilización nitrogenada reducida de diferentes ciclos de selección masal en una población sintética de maíz. Aspectos agronómicos y fisiológicos.
- Mendoza, E., Luis, D., Mejía, C. M., García, J. (2016). Fertilización nitrogenada en el rendimiento de dos variedades de quinua. *Infinitum Vol. 6. Núm. 1 (2016). Pg. 11-15.*
- Mendoza, S. (2013). Comparativo de accesiones de quina (*Chenopodium quinoa* Willd.) en condiciones de Costa Central. Tesis Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 138p.

- MIDAGRI. (2020). Análisis de mercado de quinua entre el 2015-2020. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1479275/Análisis%20de%20Mercado%20-%20Quinua%202015%20-%202020.pdf>
- MINAM. (2016). Estrategia nacional de lucha contra la desertificación y la sequía 2016-2030.
- Mitchell, A., Hong, Y., Koh, E., Barret, D., Bryant, D., Denison, R., y Kafka, S. (2007). Ten-year comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of flavonoids in tomatoes. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 55: 6154-6159
- Montoya, E. (2016). Producción y rentabilidad de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) orgánico y convencional en el valle de Cheni, distrito Rio Negro-Satipo.
- Mosquera, E. (2016). Abonos orgánicos, fenología y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad blanca Salcedo INIA en condiciones edafoclimáticas de Quillabamba-Huacrachuco 2016.
- Mujica, S., Jacobsen, S., Izquierdo, J., y Marathee, J. (2001). Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): ancestral cultivo andino, alimento del presente y del futuro. Santiago: FAO, UNAPuno y CIP. CDRom versión 1.0. Santiago, Chile.
- Neyra, J. (2014). Efecto de la fertilización bioorgánica en el rendimiento del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd).
- Núñez Chávez, W. (2018). Fenología de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) en dos épocas de siembra. Canaán-INIA a 2735 msnm-Ayacucho.
- ODEPA. (2017). Estudio de la situación actual de la cadena comercial de la quínoa en la Región de Tarapacá. Ministerio de Agricultura, Chile.
- Parra, M. Á. G., Molano, J. F. G., Ortíz, D. I. M., y Oyola, Y. A. D. (2017). Respuesta agronómica de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad dulce de Soracá a la fertilización en Ventaquemada-Boyacá. *Cultura científica*, (15), 66-77. patógeno. Centro Internacional de La Papa (CIP). Lima-Perú. p. 3-9 y 10.
- Patty, C. (2014). Identificación de los mecanismos agro-fisiológicos que respondan a factores abióticos en cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en tres épocas de siembra en la comunidad de Patarani provincia Aroma-La Paz (Doctoral dissertation).

- Poma, A. y Flores, A. (2018). Evaluación del comportamiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con aplicación localizada con diferentes niveles de estiércol semi-descompuesto: Ana Cinthia Monica Medrano Poma, Alejandro Bonifacio Flores. *Apthapi*, 4(2), 1139-1153.
- Quispe Gómez, L. (2015). Evaluación del potencial de rendimiento y calidad de líneas mutantes de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Pasankalla en condiciones de costa central.
- Quispe, E. (2019). Comparativo de rendimiento de grano, fenología, análisis bromatológico, contenido de aminoácidos y contenido de saponina de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en San Salvador–Calca–Cusco.
- Quispe, L. (2015). Evaluación del potencial de rendimiento y calidad de líneas mutantes de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Pasankalla en condiciones de costa central.
- Ramírez, J. (2016). Resultado de dos sistemas de cultivo en el rendimiento, calidad y rentabilidad de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en costa central.
- Reynaga Nava, A. (2011). Caracterización física-química de trece ecotipos de quinua real (*Chenopodium quinoa* willd) del Altiplano Sur de Bolivia con fines Agroindustriales.
- Risco, A. (2011). Efecto de 5 propuestas de abonamiento y dos distanciamientos entre surcos en el rendimiento y calidad de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Vilcashuamán-Ayacucho.
- Risco, A. y Mattos, L. (2015). Severidad de *Peronospora variabilis* Gaum En *Chenopodium quinoa* Willd. 'Pasankalla ' como respuesta a aplicaciones de fungicidas sintéticos y bioestimulantes. In *Anales Científicos* (Vol. 76, No. 2, pp. 383-392). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Rosas, G. (2015). Evaluación agronómica de diez variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo dos sistemas de cultivo en La Unión-Leticia Tarma.
- Sainz H. y Echeverría, H. (1998). Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 103.
- Salazar-Sosa, E., Trejo-Escareño, H. I., López-Martínez, J. D., Vázquez-Vázquez, C., Serrato-Corona, J. S., Orona-Castillo, I., y Flores-Márgez, J. P. (2010). Efecto residual de

estiércol bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 381-390.

Sheoran, H., Phogat, V., Dahiya, R., Dhull, S., y Kakar, R. (2018). Comparative effect of organic and conventional farming practices on micronutrient content in different textured soils of Haryana, India. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 7(4), 3399-3407.

Solarte, M. E., Moreno, L., y Melgarejo, L. M. (2010). VI. Fotosíntesis y pigmentos vegetales. Experimentos en fisiología vegetal. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. p, 107-122.

Soraide, D. (2011). La quinua real en el altiplano peruano boliviano. FAUTAPO-PROINPA.

Stockdale, E.A., Lampkin, N.H., Hovi, M., Keatinge, R., Lennartsson, E.K., Macdonald, D.W., Padel, S., Tattersall, F.H., Wolfe, M.S., and Watson, C. 2005 Agronomic and environmental implications of organic farming systems, 261, Copyright, with permission from Elsevier.

Thanapornpoonpong, S. (2004). Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen assimilation and seed quality of amaranth (*Amaranthus* spp.) and quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Niedersächsische Staats-und Universitätsbibliothek.

Torreblanca, N. (2015). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) alternativa de seguridad alimentaria para zonas desérticas. *Ciencia & Desarrollo*, (19), 19-24.

Ttacca, B., Coari, P. y Iturregui, L. (2021). Microorganismos eficaces y *Trichoderma* sp. en el biocontrol de mildiu (*Peronospora variabilis*) en cultivo de quinua. *Acta Agronómica*, 70(4).

Urdanegui, P., Pérez Ávila, Á., Estrada Zúñiga, R., Neyra, E., Mujica, Á., y Corredor, F. A. (2021). Rendimiento y evaluación agromorfológica de genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Huancayo, Perú. *Agroindustrial Science; Vol 11, No 1: 63-71 (2021)*.

Vega-Jácome, F. (2015). Regionalización y caracterización de sequias en el Perú.

Velasco, C. (2015). Evaluación del rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. real boliviana con fertilización nitrogenada y materia orgánica en el Centro Experimental Agrícola III Los Pichones-Tacna 2013.

Willer, H. y Julia, L. (2017). *The World of Organic Agriculture: Statistics and Emerging Trends*, International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM), 18th ed., Bonn, Germany.

Yactayo, P. (2018). Rendimiento y calidad de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con diferentes fuentes de fertilización en condiciones de La Molina.

VIII ANEXOS

Anexo 1: Costo de producción del sistema de cultivo bajo sistema convencional

Cultivo	Quinoa
Variedades:	Blanca de Junín, Pasankalla, Ancovinto blanca y Kellu
NPK	100-80-80
Nivel tecnológico	Medio
Lugar:	IRD Sierra
Agua:	Lluvia
Epoca de siembra:	Nov-21

Rubros	Unidad	Cantidad por ha.	Precio unitario (s/)	Costo total (s/)	(%)
I. COSTOS DIRECTOS					
Muestreo del suelo				60	1.1
Análisis del suelo		1	60	60	
Insumos				3418	61
Semilla					
Quinoa	Kg	12	15	180	
Fertilizantes					
Urea	saco	3	210	630	
Fosfato diamónico	saco	4	205	820	
Cloruro de potasio	saco	3	200	600	
Plaguicidas-insecticidas					
Fitoraz	Kg	1	100	100	
Bidrin	Lt	1	168	168	
Infinito	Lt	1	189	189	
Cipermex	lt	1	69	69	
Fitoklin	kg	1	252	252	
Botrizim	lt	1	79	79	
Confidor	lt	1	236	236	
Adherente	lt	1	20	20	
Sulfactante	lt	1	20	20	
BB5	lt	1	55	55	
Mano de obra				675	12
Siembra					

Siembra + 1ra fertilización	jornal	4	45	180	
Labores culturales					
Deshierbos-raleo	jornal	2	45	90	
2da fertilización	jornal	2	45	90	
Aporque	jornal	2	45	90	
Control sanitario	jornal	5	45	225	
Maquinaria				1190	21
Preparación de terreno					
Aradura	Hora- Máq.	3	130	390	
Surcado	Hora- Máq.	2	130	260	
Cosecha	Hora- Máq.	1	150	150	
Cosecha					
Cosecha mecánica	Hora- Máq.	2	150	300	
Embolsado	jornal	2	45	90	
Otros gastos				225	4
Fumigadora	mochila	1	150	150	
Sacos	sacos	50	1.5	75	
Costos totales				5568	100

Anexo 2: Costo de producción del sistema de cultivo bajo sistema orgánico

Cultivo	Quinoa
Variedades:	Blanca de Junín, Pasankalla, Ancovinto blanca y Kellu
NPK	100-80-80
Nivel tecnológico	Medio
Lugar:	IRD Sierra
Agua:	Lluvia
Epoca de siembra:	Nov-21

Rubros	Unidad de medida	Cantidad por ha.	Precio unitario (s/)	Costo total (s/)	(%)
I. COSTOS DIRECTOS					
Muestreo del suelo				60	1.0
Análisis del suelo	Caracterización	1	60	60	
Insumos				4330	70.0
Semilla					

Quinua	Kg	12	15	180	
Fertilizantes					
Guano de isla	Sacos	80	50	4000	
Plaguicida-insecticida					
Biospore	Lt	1	65	65	
Serenade	Lt	1	85	85	
Mano de obra				945	15.3
Siembra					
Siembra	Jornal	4	45	180	
Labores culturales					
Deshierbos-raleo	Jornal	2	45	90	
Aporque	Jornal	2	45	90	
Control sanitario	Jornal	5	45	225	
Cosecha					
Cosecha y embolsado		8	45	360	
Maquinaria				650	10.5
Preparación de terreno					
Aradura	Hora-Máq.	3	130	390	
Surcado	Hora-Máq.	2	130	260	
Otros gastos				198	3.2
Fumigadora	Mochila	1	150	150	
Sacos	Sacos	32	1.5	48	
Costos totales				6183	100

Anexo 3: Evaluación de las variedades de quinua en el sistema de cultivo orgánico o convencional

Sistema Convencional

A.



B.



C.



D.



Fotografías del 4 de marzo de las variedades de quinua Ancovinto (A), Kellu (B), Blanca de Junín (C) y Pasankalla (D) en un sistema de cultivo convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.

Sistema Orgánico

A.



B.



C.



D.



Fotografías del 4 de marzo de las variedades de quinua Ancovinto (A), Kellu (B), Blanca de Junín (C) y Pasankalla (D) en un sistema de cultivo orgánico en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.

Sistema Convencional

A.



B.



C.



D.



Fotografías 18 de marzo de las variedades de quinua Ancovinto (A), Kellu (B), Blanca de Junín (C) y Pasankalla (D) en un sistema de cultivo convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.

Sistema Orgánico

A.



B.



C.



D.



Fotografías 18 de marzo de las variedades de quinua Ancovinto (A), Kellu (B), Blanca de Junín (C) y Pasankalla (D) en un sistema de cultivo orgánico en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.

Sistema Convencional

C.



D.



Sistema Orgánico

C.



D.



Fotografías 12 de abril de las variedades de quinua Blanca de Junín (C) y Pasankalla (D) en un sistema de cultivo orgánico y convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.

Sistema Convencional

C.



D.



Sistema Orgánico

C.



D.



Fotografías 25 de abril del 2022 de las variedades de quinua Blanca de Junín (C) y Pasankalla (D) en un sistema de cultivo orgánico y convencional en condiciones del Valle del Mantaro - Junín. Campaña 2021 – 2022.