

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

Efecto del tiempo de germinación en el contenido de polifenoles totales, actividad antioxidante y proteínas en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus*)

Presentado por:

Littman Moreano Alarcón

Para optar el título de ingeniero agroindustrial

Abancay, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

**“EFECTO DEL TIEMPO DE GERMINACIÓN EN EL CONTENIDO DE
POLIFENOLES TOTALES, ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y PROTEINAS EN DOS
VARIETADES DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*)”**

Presentado por **Littman Moreano Alarcón**, para optar el Título de:

Ingeniero Agroindustrial

Sustentado y aprobado el 29 de diciembre del 2022 ante el jurado evaluador:

Presidente:

Dra. Cándida López Loayza

Primer Miembro:

Mg. Luis Fernando Pérez Falcón

Segundo Miembro:

Dr. Anderson Núñez Fernández

Asesor:

Ing. Jorge Beltrán Mendoza Cáceres



Agradecimiento

Agradezco a Dios y a la vida por brindarme la oportunidad de ser parte de la investigación “efecto del tiempo de germinación en el contenido de polifenoles totales, actividad antioxidante y proteínas en dos variedades de kiwicha (Amaranthus caudatus)” en el cual conocí profesionales de mucho saber intelectual, que no dudaron en compartir su basto conocimiento, ellos son, mis asesores, Ing. Jorge B. Mendoza Cáceres y mi Asesor Externo, Dr. David Choque Quispe a quienes agradezco su valiosa amistad, comprensión y apoyo para conseguir una de mis metas.

Asimismo, agradezco al Ing. Justo Flavio Arias Motta y a la Ing. Beethssy Zussy Hurtado Soria por su ayuda y tiempo en la ejecución de esta investigación. Y finalmente agradecer a mis amigos, amigas, familiares y compañeros que aportaron directa o indirectamente en la conclusión de este proyecto de investigación.



Dedicatoria

A Dios...

por su infinito amor y su misericordia. Tú eres mi protector, mi lugar de refugio, mi libertador, mi Dios, la roca que me protege, mi escudo, el poder que me salva, mi más alto escondite. (salmos 18:2)

A mi Familia...

Por confiar y no dudar en mí, a mi esposa Elizabeth, a mi hijo Noah Josué que con su amor y compañía me inspiran a seguir perseverando en la vida, a mis padres; Paulino y Brígida, que con su amor, su cariño, su esfuerzo, sus palabras de aliento y su ejemplo digno de seguir me motivan a no rendirme, me enseñaron que con sacrificio todo es posible, y a mis hermanas; Rosnilh, Sharon y Sharmely quienes me inspiran a diario a ser mejor persona y un ejemplo suyo.



“Efecto del tiempo de germinación en el contenido de polifenoles totales, actividad antioxidante y proteínas en dos variedades de kiwicha (*amaranthus Caudatus*)”

línea de investigación: Caracterización, desarrollo de procesos e innovación en la agroindustria

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema.....	4
1.2 Enunciado del problema.....	5
1.2.1 Problema general.....	5
1.2.2 Problema específico	5
1.2.3 Justificación de la investigación.....	5
CAPÍTULO II	8
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	8
2.1 Objetivos de la investigación.....	8
2.1.1 Objetivo general	8
2.1.2 Objetivos específicos	8
2.2 Hipótesis de la investigación	8
2.2.1 Hipótesis general.....	8
2.2.2 Hipótesis específicas	8
2.3 Operacionalización de variables	9
CAPÍTULO III	10
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	10
3.1 Antecedentes	10
3.1.1 Antecedentes internacionales	10
3.1.2 Antecedentes nacionales	11
3.2 Marco teórico	13
3.2.1 Kiwicha	13



3.2.2 Clasificación Taxonomica.....	13
3.2.3 Composición Nutricional	14
3.2.4 Variedades de kiwicha	15
3.2.5 Compuestos bioactivos de la kiwicha	17
3.2.5.1 Capacidad antioxidante de la kiwicha.....	17
3.2.6 Compuestos fenólicos	20
3.2.7 Germinado de semillas.....	23
3.2.8 Proteínas.....	28
3.3 Marco conceptual	29
CAPÍTULO IV	31
METODOLOGÍA	31
4.1 Tipo y nivel de investigación	31
4.1.1 Tipo de investigación	31
4.1.2 Nivel de investigación.....	31
4.2 Diseño de la investigación.....	31
4.3 Población y muestra	33
4.4 Procedimiento.....	33
4.4.1 Obtención de harina de kiwicha germinada	33
4.4.2 Determinación de compuestos fenólicos totales	36
4.4.3 Determinación de la actividad antioxidante	39
4.4.4 Determinación de proteína	40
4.5 Técnicas e instrumentos.....	42
4.6 Análisis estadístico.....	44
CAPÍTULO V.....	51
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	51
5.1 Análisis de resultados	51
5.1.1 Polifenoles totales	51
5.1.2 Actividad Antioxidante	55
5.1.3 Proteínas.....	59
5.2 Discusión de resultados	63



CAPITULO VI.....	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
6.1 Conclusiones	73
6.2 Recomendaciones y Sugerencias	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXOS	88



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 — Operacionalización de variables	9
Tabla 2 — Composición promedia de la kiwicha	14
Tabla 3 — Clasificación de los modelos de ensayo	23
Tabla 4 — Valor nutrimental de germinados	27
Tabla 5 — Diseño experimental	31
Tabla 6 — Datos para la curva de calibración.....	37
Tabla 7 — Datos para la elaboración de la curva estándar de solución Trolox	40
Tabla 8 — Fenoles totales (mg AGE/100 g b.s.) para la variedad Oscar Blanco	51
Tabla 9 — Fenoles totales (mg AGE/100 g b.s.) para la variedad Centenario.....	53
Tabla 10 — Actividad antioxidante (mg TE/100 g b.s.) para la variedad Oscar Blanco	55
Tabla 11 — Actividad antioxidante (mg TE/100 g b.s.) para la variedad Centenario	56
Tabla 12 — Proteínas (%) para la variedad Oscar Blanco	59
Tabla 13 — Proteínas (%) para la variedad Centenario	60
Tabla 14 — Análisis de varianza (ANOVA) de los promedios de la Actividad antioxidante (mgTE/100g) entre variedad de kiwicha y tiempo de germinación.....	53
Tabla 15 — Comparación múltiple de Tukey de los promedios de la Actividad antioxidante (mgTE/100g) de variedad de kiwicha.....	54
Tabla 16 — Comparación múltiple de Tukey de los promedios de actividad antioxidante (mg TE/100 g) de tiempo de germinación.....	54
Tabla 17 — Comparación múltiple de Tukey de los promedios de la Actividad antioxidante (mgTE/100g) de variedad de kiwicha y tiempo de germinación.....	55
Tabla 18 — Contenido de proteínas (%) por variedad de kiwicha y tiempo de germinación...	56



Tabla 19 — Análisis de varianza (ANOVA) de los promedios de Contenido de proteínas (%) entre variedad de kiwicha y tiempo de germinación.....	57
Tabla 20 — Comparación múltiple de Tukey de los promedios de Contenido de proteínas (%) de variedad de kiwicha	57
Tabla 21 — Comparación múltiple de Tukey de los promedios de Contenido de proteínas (%) de tiempo de germinación.....	58
Tabla 22 — Comparación múltiple de Tukey de los promedios de Contenido de proteínas (%) de variedad de kiwicha y tiempo de germinación.....	58
Tabla 23 — Análisis de varianza de polifenoles totales para contrastación de hipótesis.....	60
Tabla 24 — Análisis de varianza de actividad antioxidante para contrastación de hipótesis...	61
Tabla 25 — Análisis de varianza de contenido de proteínas para contrastación de hipótesis...	62
Tabla 26 — Datos para el análisis estadístico de polifenoles totales.....	85
Tabla 27 — Datos para la recta de ácido gálico.....	85
Tabla 28 — Datos para el análisis estadístico de actividad antioxidante.....	87
Datos para el análisis estadístico de polifenoles totales	
Tabla 29 — Datos para la recta del trolox.....	87
Tabla 30 — Datos para el análisis estadístico del contenido de proteínas.....	90
Tabla 31 — Matriz de operacionalización de variables	100



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 — Kiwicha variedad Oscar Blanco.....	16
Figura 2 — Kiwicha variedad centenario.....	17
Figura 3 — Estructura química de los principales ácidos fenólicos	22
Figura 4 — Fases de germinación.....	25
Figura 5 —Esquema de las fases de inhibición de agua por una semilla durante la germinación de los cereales.....	26
Figura 6 — Proceso de obtención de harina de kiwicha germinada	35
Figura 7 — prueba de normalidad de polifenoles totales.....	43
Figura 8 — Prueba de homocedasticidad de polifenoles totales.....	44
Figura 9 —Prueba de normalidad de actividad antioxidante.....	44
Figura 10 — Prueba de homocedasticidad de actividad antioxidante.....	45
Figura 11 — Prueba de normalidad de contenido de proteínas.....	46
Figura 12 — Prueba de homocedasticidad de contenido de proteínas.....	47
Figura 13 — Cantidad de polifenoles totales (mg AGE/100 g) por variedad de kiwicha y tiempo de germinación.....	49
Figura14 — Cantidad de fenoles (mg AGE/100 g) por variedad de kiwicha y tiempo de germinación.....	53
Figura 15 — Contenido de proteínas (%) por variedad de kiwicha y tiempo de germinación.....	56
Figura 16 — Curva de ácido gálico.....	88
Figura 17 — Interacción de polifenoles totales (mg AGE/100 g) por variedad de kiwicha y tiempo de germinación.....	88
Figura 18 — Curva de absorbancia del trolox.....	90



Figura 19 — Curva del porcentaje de inhibición del trolox.....	90
Figura 20 — Interacción de actividad antioxidante (mg TE/100g) por variedad de kiwicha y tiempo de germinación.....	91
Figura 21 — Interacción del contenido de proteínas (%) por variedad de kiwicha y tiempo de germinación.....	93
Figura 22 — Muestra de kiwicha variedad centenario.....	93
Figura 23 — Muestra de kiwicha variedad Oscar Blanco.....	94
Figura 24 — Clasificación y selección de muestras de kiwicha.....	94
Figura 25 — Remojo y acondicionamiento de muestras de kiwicha.....	95
Figura 26 — Germinación de muestras de kiwicha.....	95
Figura 27 — Secado de muestra de kiwicha sin germinar.....	96
Figura 28 — Secado de muestras de kiwicha germinada.....	96
Figura 29 — Proceso de molienda de kiwicha germinada.....	97
Figura 30 — Tamizaje harina de kiwicha germinada.....	97
Figura 31 — Preparación de muestra germinadas de kiwicha para la determinación polifenoles totales.....	98
Figura 32 — Preparación de muestra germinadas de kiwicha para la determinación de proteínas.....	98
Figura 33 — Preparación de muestra germinadas de kiwicha para la determinación de actividad antioxidante.....	99



INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la región de Apurímac es considerado como una de las regiones con mayor riqueza respecto a su diversidad dando énfasis a su flora andina, sin embargo, también es considerada como una de las regiones con altos índices de anemia y desnutrición, La anemia sigue con el pasar de los años considerada en nuestro país un problema de salud público. En el año 2021, la desnutrición crónica afectó al 11,5% de las niñas y niños menores de cinco años de edad en el país (INEI, 2021), (ENDES, 2021). En el área urbana, la desnutrición crónica alcanzó al 6,8% de las niñas y niños menores de cinco años de edad y en el área rural afectó al 24,4%, no siendo suficiente nuestra región también se encuentra dentro de las regiones más pobres. Esta situación alarmante ha hecho que el gobierno actual tenga como objetivo reducir al 19% hasta el 2021, mediante el Plan Nacional de lucha contra la anemia.

En la actualidad, se ha incrementado el interés en el desarrollo de una amplia variedad de productos alimenticios a base de harina de granos andinos, cereales y leguminosas, debidos a su bajo costo, perfil nutricional y otros atributos, por lo que resultan alimentos nutritivos. Dentro de este grupo, se tiene un pseudocereal, el “kiwicha” caracterizado por su elevado valor nutritivo, contenido de proteínas y otros componentes bioactivos.

Por otra parte, el proceso de germinación es una tecnología milenaria barata que permite mejorar a bajo costo el valor nutritivo de los alimentos, los compuestos bioactivos y las propiedades funcionales. Se han documentado varios trabajos de investigación en referencia al efecto de la germinación y propiedades funcionales de diversas harinas de cereales y legumbres. El presente estudio tuvo como objetivos: evaluar el efecto del tiempo de germinación en el contenido de polifenoles totales, actividad antioxidante y proteínas en kiwicha (*Amaranthus caudatus*) de las variedades Oscar Blanco y Centenario. Los pseudocereales como la kiwicha son productos que cuentan con un potencial nutritivo, bioactivo y funcional y por ellos son valorados en el mercado local, nacional e internacional. Estos son solo unos pocos productos de gran valor nutritivo en la región Apurímac, sin embargo, estos pseudocereales solo se estudiaron parcialmente y no se cuentan con investigaciones o bases de datos que brinden una completa información respecto a las bondades de los productos. La falta de investigaciones hace un vacío para facilitar la creación de productos enriquecidos que contrarresten la anemia y desnutrición.



RESUMEN

Los objetivos del estudio fue evaluar el efecto del tiempo de germinación en el contenido de polifenoles totales, actividad antioxidante y proteínas en dos variedades kiwicha (*Amaranthus caudatus*) Se tomaron muestra de kiwicha de las variedades Oscar blanco y centenario y se llevaron a germinar durante 24, 48, 72 horas en una estufa a 28 °C, se evaluó el contenido de polifenoles totales mediante el método espectrofotométrico UV visible con el reactivo de folin ciocalteu y la actividad antioxidante por el método del radical libre 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl DPPH, también se determinó el contenido de proteínas mediante el método Kjeldahl. Se observó que el contenido de polifenoles totales en la kiwicha, se incrementó significativamente (p -value < 0.05) de 301.54 mg AGE/100 g para la kiwicha sin germinar, asimismo 320.11 mg AGE/100 g en 24 horas, 348.29 mg AGE/100 g en 48 horas y 351.24 mg AGE/100 g en 72 horas de germinado para la variedad Oscar blanco. Del mismo modo se incrementó significativamente (p -value < 0.05) de 275.31 mg AGE/100 g para la kiwicha sin germinar, asimismo 280.82 mg AGE/100 g en 24 horas, 344.53 mg AGE/100 g en 48 horas y 345.80 mg AGE/100 g en 72 horas de germinado para la variedad Centenario. Asimismo, la actividad antioxidante en la kiwicha se incrementó significativamente (p -value < 0.05) de 97.38 mg TE/100 g para la kiwicha sin germinar, sin embargo 97.82 mg TE/100 g en 24 horas, 97.59 mg TE/100 g en 48 horas y 98.06 mg TE/100 g en 72 horas de germinado para la Oscar Blanco. Del mismo la capacidad antioxidante se incrementó significativamente (p -value < 0.05) de 94.84 mg TE/100 g para la kiwicha sin germinar, sin embargo 98.42 mg TE/100 g en 24 horas de, 98.38 mg TE/100 g en 48 horas y 98.46 mg TE/100 g en 72 horas de germinado para la variedad Centenario. Por otra parte, las proteínas, se incrementaron significativamente (p -value < 0.05) de 13.10 % para la kiwicha sin germinar, sin embargo 13.57% en 24 horas de germinado, 14.30% en 48 horas de germinado y 14.95% en 72 horas de germinado para la Oscar Blanco; mientras que para la variedad Centenario reporto de 13.13% para la kiwicha sin germinar, sin embargo 13.56% en 24 hora de germinado, 13.94% en 48 horas de germinado y 14.08% en 72 horas de germinado para la variedad Centenario. En conclusión, el tiempo de germinación permitió incrementar significativamente en el contenido de polifenoles totales, en la actividad antioxidante y contenido proteico en la kiwicha de las dos variedades.

Palabras clave: *actividad antioxidante, polifenoles totales, proteínas, Centenario, Oscar Blanco, proteínas.*



ABSTRACT

The objectives of the study was to evaluate the effect of germination time on the content of total polyphenols, antioxidant activity and proteins in two varieties kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Kiwicha was sampled from the varieties Oscar white and centenary and taken to germinate for 24, 48, 72 hours in an oven at 28 ° C, the content of total polyphenols was evaluated by the visible UV spectrophotometric method with the folin ciocalteu reagent and the antioxidant activity by the free radical method 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl DPPH, the protein content was also determined by the Kjeldahl method. It was observed that the content of total polyphenols in the kiwicha, increased significantly (p -value < 0.05) of 301.54 mg AGE / 100 g for the kiwicha without germinating, also 320.11 mg AGE / 100 g in 24 hours of germinado, 348.29 mg AGE / 100 g in 48 hours of germinado and 351.24 mg AGE / 100 g in 72 hours of germinado for the variety Oscar white. In the same way, it increased significantly (p -value < 0.05) of 275.31 mg AGE/100 g for the ungerminated kiwicha, also 280.82 mg AGE/100 g in 24 hours of germination, 344.53 mg AGE/100 g in 48 hours of germination and 345.80 mg AGE/100 g in 72 hours of germination for the Centenario variety. Likewise, the antioxidant activity in the kiwicha was significantly increased (p -value < 0.05) of 97.38 mg TE/100 g for the ungerminated kiwicha, however 97.82 mg TE/100 g in 24 hours of sprouts, 97.59 mg TE/100 g in 48 hours of sprouts and 98.06 mg TE/100 g in 72 hours of germination for Oscar Blanco. From the same the antioxidant capacity was significantly increased (p -value < 0.05) of 94.84 mg TE/100 g for the ungerminated kiwicha, however 98.42 mg TE/100 g in 24 hours of sprouts, 98.38 mg TE/100 g in 48 hours of sprouts and 98.46 mg TE/100 g in 72 hours of germination for the Centenario variety. On the other hand, the proteins increased significantly (p -value < 0.05) of 13.10 % for the kiwicha without germinating, however 13.57% in 24 hours of germination, 14.30% in 48 hours of germination and 14.95% in 72 hours of germinado for Oscar Blanco; while for the Centenario variety I report 13.13% for the ungerminated kiwicha, however 13.56% in 24 hours of germination, 13.94% in 48 hours of germination and 14.08% in 72 hours of germination for the Centenario variety. In conclusion, the germination time allowed to significantly increase the content of total polyphenols, antioxidant activity and protein content in the kiwicha of the two varieties.

Keywords: *antioxidant activity, total polyphenols, proteins, Centenario, Oscar Blanco, protein.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Según la OMS, más de 23 millones de personas perecerán por males cardiovasculares para el 2030, el Ministerio de Salud (Minsa) recuerda que en nuestro país y a nivel mundial las enfermedades cardiovasculares son la primera causa de muerte en adultos, por lo que se hace importante establecer un estilo de vida saludable. Se sugiere el consumo de frutas frescas, verduras, y granos. (OMS, 2020).

El proceso de germinado de los pseudocereales es un elemento que interviene sobre las propiedades nutricionales (proteína, grasa, fibra bruta, ceniza y carbohidratos) y los compuestos bioactivos (polifenoles totales y actividad antioxidante), ZHANG et al. (2015), La kiwicha (*Amaranthus caudatus*) es un grano considerado un gran alimento debido a su alto contenido de nutrientes y proteínas. En el Perú el consumo per cápita anual de kiwicha es de 0.6 kg (INEI, 2009), asimismo se cultiva este pseudo cereal de manera convencional y orgánica; en diferentes variedades, y presenta ventaja en comparación a otros granos tradicionales más consumidos, debido a la alta calidad de sus proteínas, buen contenido de fibra dietética, así como compuestos bioactivos antioxidantes (REPO Y ENCINA, 2008).

En la provincia de Abancay, se produce diferentes variedades de kiwicha en diferentes climas y ecosistemas que naturalmente existen, sin embargo, no se conoce en su totalidad las propiedades funcionales y nutricionales de este producto. Sin embargo, existen pocos trabajos de investigación relacionados a los efectos de la germinación en las propiedades funcionales y nutritivas de la kiwicha como el contenido proteico, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. Además de ello, estos germinados se producen fácilmente y con bajísimos costos, sin la implicación de alta tecnología (DOMÍNGUEZ DE DIEZ, 1992), del mismo modo se considera de manera general que los germinados aumentan considerablemente sus niveles de compuestos antioxidantes con buenas propiedades organolépticas (DÁVILA et al., 2003).



Por otra parte, el consumo de alimentos ricos en compuestos antioxidantes que permiten mejorar la salud, disminuyendo los riesgos de patologías como males y enfermedades cardíacas, el cáncer, entre otras (PAULINO et al. 2013); por ello, la mayoría de los cereales son una buena fuente de antioxidantes, debido a la presencia de compuestos fitoquímicos como fenoles, flavonoides, carotenoides (SADOWKA-BARTOSZ Y BARTOSZ, 2014)

En ese sentido la presente tesis tuvo como objetivo evaluar el efecto del tiempo de germinación en el contenido de polifenoles totales, actividad antioxidante y proteínas en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus*).

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto del tiempo de germinación en el contenido de polifenoles totales, actividad antioxidante y proteínas en kiwicha (*Amaranthus caudatus*) de las variedades Oscar Blanco y Centenario?

1.2.2 Problema específico

- ¿Cuál es efecto del tiempo de germinación en el contenido de polifenoles totales en kiwicha de las variedades Oscar Blanco y Centenario?
- ¿Cuál es efecto del tiempo de germinación en la actividad antioxidante en kiwicha de las variedades Oscar Blanco y Centenario?
- ¿Cuál es efecto del tiempo de germinación en el contenido de proteínas en kiwicha de las variedades Oscar Blanco y Centenario?

1.2.3 Justificación de la investigación

Se sugiere limitar el consumo de carnes rojas, grasas saturadas, alimentos ricos en sodio (consumo de sal) y azúcares agregados, y preferir en cambio la ingesta de frutas frescas, verduras y granos. El ejercicio también tiene muchos beneficios porque mejora la circulación y fortalece el corazón.

La kiwicha (*Amaranthus caudatus*) es un cereal muy importante en la alimentación humana por su alto contenido de proteína 14 a 19 %, y el balance



adecuado de sus aminoácidos esenciales, lo que la hace superior a otros alimentos básicos como el arroz, el trigo y el maíz, similar a la soya (VASQUES, 2006). con alto contenido de aminoácidos esenciales como la metionina (HE et al., 2002), en ese sentido la kiwicha presenta un adecuado contenido de proteínas compuestos bioactivos, capacidad antioxidante, fibras y minerales necesarios (AGUILAR, 2017).

Los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en los últimos tiempos han cobrado mucho interés en la población humana, debido a que están vinculados en dietas asociadas a disminuir el riesgo de enfermedades relacionadas con enfermedades degenerativas y males cardiovasculares (LÓPEZ, et al., 2013).

Las variedades, ecotipos, condiciones climáticas, condiciones edáficas, entre otras, condicionan el contenido de polifenoles, flavonoides entre otros compuestos antioxidantes, en diferentes alimentos, y los granos de kiwicha no son la excepción (TANG et al., 2016), existiendo diversas variedades dentro de ellas podemos mencionar a la variedad Oscar Blanco, Centenario, entre otros, producidos en nuestra Región.

Estas variedades cultivadas son el sustento alimenticio y económico de las poblaciones, sobre todo rurales, quienes produce granos de kiwicha, y poder mejorar las propiedades de las mismas, permitirá incluso ampliar sus áreas de cultivo, del mismo modo mejorar sus dietas alimenticias (DOMINGUEZ DE DIEZ, 1992).

El conocimiento del contenido de compuestos antioxidantes como los fenoles en la kiwicha germinada en dos variedades, sería un aporte a la mejora en la dieta alimentaria, asimismo en la industrialización, permitiendo mejorar su comercialización ya sea en grano o transformado.

En ese sentido, desarrollar un estudio que contemple el efecto del tiempo en la germinación en el contenido de polifenoles totales, actividad antioxidante y proteínas en granos de kiwicha de las variedades Oscar Banco y Centenario, es



de interés a fin de evaluar su el procesamiento y forma de presentación en el mercado.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del tiempo de germinación en el contenido de polifenoles totales, actividad antioxidante y proteínas en kiwicha (*Amaranthus caudatus*) de las variedades Oscar Blanco y Centenario

2.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del tiempo de germinación en el contenido de polifenoles totales en kiwicha de las variedades Oscar Blanco y Centenario.
- Evaluar el efecto del tiempo de germinación en la actividad antioxidante en kiwicha de las variedades Oscar Blanco y Centenario.
- Evaluar el efecto del tiempo de germinación en el contenido de proteínas en kiwicha de las variedades Oscar Blanco y Centenario.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.1.3 Hipótesis general

El tiempo de germinación incrementa el contenido de polifenoles totales, actividad antioxidante y proteínas en kiwicha (*Amaranthus caudatus*) de las variedades Oscar Blanco y Centenario

2.1.4 Hipótesis específicas

- El tiempo durante el proceso de germinación incrementa el contenido de los polifenoles totales en los granos de kiwicha de las variedades Oscar Blanco y centenario.
- El tiempo durante el proceso de germinación incrementa la actividad antioxidante en los granos de kiwicha de las variedades Oscar Blanco y centenario.

- El tiempo durante el proceso de germinación incrementa el contenido de proteínas en los granos de kiwicha de las variedades Oscar Blanco y centenario.

2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Método
Independiente			
Variedad de kiwicha	Variedad de kiwicha	V1: Oscar Blanco V2: Centenario	Características observables
Tiempo de germinación	Tiempo	t:0 horas t:24 horas t:48 horas t:72 horas	Medida del tiempo
Dependiente			
Capacidad antioxidante	Capacidad antioxidante	mg TE/100 g	Espectrofotométrico UV visible con el reactivo folin ciocalteu. (SINGLETON et al., 1999).
Polifenoles totales	Polifenoles totales	mg AGE/100g	Espectrofotométrico UV de acuerdo a (PARK, 2007) y (BRAND-WILLIAMS 1997)
Proteínas	Contenido proteico	Porcentaje (%)	Kjeldahl

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

3.1.1 Antecedentes internacionales

- a) TELEVIČIŪTĖ et al., (2020) realizaron la investigación titulada. **cambios en la composición química de las leguminosas germinadas en condiciones de estrés abiótico.** se evaluó el impacto de las condiciones de estrés abiótico en la síntesis de compuestos con propiedades antioxidantes en diferentes semillas en germinación durante 120 horas. Ya que la referencia indica que se estudió la influencia del estrés abiótico en la cantidad de materia seca, vitamina C y compuestos fenólicos, en las semillas germinadas. El uso de temperaturas de germinación superiores a las óptimas condujo a una mayor acumulación de materia seca en el frijol mungo, mientras que la acumulación de compuestos fenólicos y flavonoides fue mayor en las semillas germinadas de alfalfa. Las condiciones de estrés abiótico beneficiaron la acumulación de compuestos fenólicos en las semillas de alfalfa.
- b) EUM et al., (2020) desarrollaron la investigación referida al efecto del ambiente de germinación sobre los compuestos bioquímicos y las propiedades antiinflamatorias de los cultivares de soja. El objetivo fue evaluar los cambios en el contenido de isoflavonas, el contenido fenólico total (TPC), el contenido total de flavonoides (TFC), las actividades antioxidantes (DPPH, ABTS) y las actividades antiinflamatorias de los cultivares de soja de semillas pequeñas y semillas grandes durante germinación (condiciones de luz / oscuridad). El contenido total de isoflavonas fue mayor en la etapa de semilla en la soja de semillas grandes, mientras que aumentó después de 7 días de germinación en las semillas de soja de semillas pequeñas, particularmente en respuesta a condiciones de luz, bajo las cuales tenían altas actividades de TPC, TFC y antioxidantes.
- c) IDOWU et al., (2019) realizaron una revisión bibliográfica sobre la germinación: **una fuente alternativa para promover fitonutrientes en semillas**

comestibles. Consideraron que el consumo de alimentos con menos fitonutrientes ha demostrado causar diferentes enfermedades crónicas, a pesar de más de 50,000 razas de plantas comestibles disponibles en varios países del mundo. Estas plantas comestibles consisten en semillas que se pueden consumir y que poseen altos beneficios para la salud. Además, los valores nutritivos como los fitoquímicos de las semillas comestibles aumentaron después de la germinación. Por lo tanto, se ha informado que la germinación mejora varios compuestos bioactivos como el ácido γ -aminobutírico, los polifenoles y las vitaminas que conducen a una mayor bioactividad, como los efectos antidiabéticos, antibacterianos y anticancerígenos cuando se consumen estas semillas.

- d) **KARAMAC** et al., (2019) **estudiaron la actividad antioxidante y composición fenólica del amaranto (*Amaranthus caudatus*)** durante el crecimiento. se concluyó que los flavonoles fueron más abundantes en las plantas de floración temprana y en las etapas de llenado de grano. En contraste, el mayor contenido de derivados del ácido hidroxicinámico se encontró en la etapa vegetativa temprana. En general, la actividad antioxidante más baja se encontró en las etapas de disparo y gemación. Se observó una actividad significativamente mayor en los amarantos en las etapas temprana (vegetativa) y posterior (floración temprana y llenado de granos), lo que sugiere que las plantas en estas etapas son valiosas fuentes de antioxidantes.

3.1.2 Antecedentes nacionales

- a) **VIÑAS A.** (2017), Comparo **el contenido total de polifenoles y flavonoides en extractos en harina de kiwicha (*Amarantus caudatus*)**. Se determinó polifenoles totales a través del método Folin Ciocalteu, flavonoides con el método colorimétrico de cloruro de aluminio. Se observó que los polifenoles se encontraron entre 54.19 a 438.54 mg GAE/100 g para extracto no **hidrolizado**, en medio ácido y medio básico; y flavonoides 26.09 entre 73.31 mg CE/100 g.
- b) **QUISPE** (2016), evaluó el **contenido proteico, fenoles, y capacidad antioxidante de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*) orgánica y convencional**. De los análisis realizados se obtuvo los siguientes resultados:



El contenido proteico del grano de quinua orgánica Salcedo INIA fue 12.9 % mientras que de la Pasankalla 13.7 %, por otra parte de la harina extruida de quinua orgánica Salcedo INIA fue 11.8 % mientras que de la Pasankalla 13.2 %; en ambos casos y para las dos variedades la quinua orgánica contiene mayor contenido proteico que la quinua convencional; En cuanto al contenido de compuestos fenólicos del grano de quinua orgánica Salcedo INIA fue 67.46 mg. ácido gálico/100 g mientras que de la Pasankalla 76.43 mg. ácido gálico/100 g, por otra parte de la harina extruida de quinua orgánica Salcedo INIA fue 83.52 mg ácido gálico/100 g mientras que de la Pasankalla 96.60 mg. ácido gálico/100 g en ambos casos y para las dos variedades la quinua orgánica contiene mayor contenido de compuestos fenólicos que la quinua convencional; Además la capacidad antioxidante del grano de quinua orgánica Salcedo INIA fue 5.97 $\mu\text{Mol Trolox eq./g ms}$, y la variedad Pasankalla 12.67 $\mu\text{Mol Trolox eq./g ms}$. por otra parte de la harina extruida de quinua orgánica Salcedo INIA fue 11.79 $\mu\text{Mol Trolox eq./g ms}$, y la variedad Pasankalla 24.51 $\mu\text{Mol Trolox eq./g ms}$ en ambos casos y para las dos variedades la quinua orgánica contiene mayor capacidad antioxidante que la quinua convencional.

- c) DE LA RIVA (2010), estudio el **contenido de fitatos, polifenoles y capacidad antioxidante de quinua cruda y procesada variedad Salcedo INIA**. Se encontró que el contenido de proteína en quinua escarificada fue 14.27 %, en quinua cocida 12.66 % y en quinua tostada – cocida 7.93 %; así mismo los compuestos fenólicos en quinua escarificada fueron 70.03 mg. ácido gálico/100 g ms, en quinua cocida fue 47.24 mg. ácido gálico/100 g ms, y quinua tostada – cocida fue 53.31 mg. ácido gálico/100 g ms; por otra parte la capacidad antioxidante de la quinua escarificada fue 5.99 $\mu\text{Mol Trolox eq/ g ms.}$, quinua cocida 4.51 $\mu\text{Mol Trolox eq/g ms.}$ y quinua tostada – cocida 4.88 $\mu\text{Mol Trolox eq/g ms.}$



3.2 Marco teórico

3.2.1 kiwicha

MOSTAJO (2018) considera que, “la kiwicha (*Amaranthus caudatus*) es el grano más importante de los cuatros en comparación a otros granos andinos que se produce en el Perú destacando las zonas productoras de Cusco, Apurímac y Ancash”.

La Kiwicha se considera un pseudocereal, que no pertenece a la familia de las gramíneas, sin embargo, genera semillas que ayuda obtener harina a través de la molienda y siendo aprovechadas como una cosecha de cereales (REPO-CARRASCO, HELLSTROM, PIHLAVA, y MATTILA, 2010); define que, “el amaranto tiene la ventaja frente a la quinua de no contener saponinas, por lo que no requiere del proceso de desaponificación y no representa un riesgo para el consumo ni para el ambiente”.

La Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) es un cultivo con diferentes nombres en el país: amaranto; Kiwicha en el Cusco; achita en Ayacucho; coyo en Cajamarca; y camaya en Arequipa y achis en Ancash. Esta planta pertenece a la familia de la amarantácea, posee un alto tallo ramificado que termina en una inflorescencia larga y diferentes colores.

3.2.2 Clasificación Taxonómica

Taxonomía. Según Cronquist citado por CÉSPEDES (2004).

División : Magnoliophyta.

Clase : Magnoliopsida.

Subclase : Caryophyllidae.

Orden : Caryophyllales.

Familia : Amaranthaceae.

Familia : Amaranthoideae.

Género : Amaranthus.

Especie : Amaranthus caudatus L.

Nombres comunes: Amaranto (español); Amaranth (ingles), kiwicha (CuscaPerú), Achita (Ayacucho-Perú), Cayo (Cajamarca-Perú), Achis (Huarz-Perú), Coimi, Millmi e Inca pachaqui o grano del inca (Bolivia), Sangorache, Ataco; Quinoa de Castilla (Ecuador), Alegria y Huaythi (México), Rejgira, Ramdana, Eerai (India) (MUJICA, et al.,1997).

3.2.3 Composición Nutricional

EL valor nutricional de los granos de kiwicha se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2 – Composición química de la kiwicha

Composición promedio en 100 g de porción comestible		
Componentes mayores (g)	Crudo	Tostado
Energía (kcal)	377	428
Agua	12.0	0.7
Proteínas	14.5	15.5
Grasa	7.1	7.8
Carbohidratos	64.5	74.3
Fibra	2.5	3.0
Minerales (mg)		
Calcio	236	283
Potasio	640	800
Fósforo	453	502
Hierro	7.50	8.10
Vitaminas (mg)		
Retinol/Vitamina A	---	---
Tiamina/Vitamina B1	0.30	0.14
Riboflamina /Vitamina B2	0.15	0.32
Niacina	0.40	1.30
Vitamina C	2.40	3.00

Extraído de Tabla de composición química, Collazos *et al.*, (1996)

3.2.4 Variedades de kiwicha

ÁLVAREZ et al., (2010), presenta las características de dos variedades estudiadas:

3.2.4.1 Variedad Oscar Blanco

De fruto denominado pixidio, unilocular de color rosado claro, la semilla es lisa, blanco cremoso y opaco, de 1 mm de diámetro promedio, con un contenido de proteínas de 16%.

a. Descripción de la variedad Oscar blanco

Clave	: Oscar Blanco
Adaptación	: 1 900 - 3 200 msnm
Ciclo vegetativo	: 150 - 160 días
Época de siembra	: Octubre - noviembre
Densidad de siembra	: 4 - 6 kg/ha
Distancia entre surco	: 0.80 m
Formula de abonamiento	: 60 - 40-30 de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O
Altura de planta	: 140 cm
Color de grano	: Blanco cremoso
Color de la inflorescencia	: Rosado claro
Tipo de panoja	: Erecta
Longitud de panoja	: 50 cm
Diámetro de grano	: 0,9 mm
Peso de 100 semillas	: 0,5 mg
Rendimiento	: 2 500 kg/ha
Característica del grano	: Amiláceo



Figura 1— Kiwicha variedad Oscar Blanco

Extraído de INIA 2010 Folleto N° 6 – 10

3.2.4.2 kiwicha variedad Centenario

Con semillas de color crema dorado, con bajo a nivel de saponinas y alcaloides. Esta variedad es la más exportada y es sembrada en los valles interandinos y quebradas de los andes peruanos.

a) Descripción de la variedad centenario

Adaptación	: 1 900 - 3 320 msnm
Ciclo vegetativo	: 170 - 180 días
Época de siembra	: Octubre - noviembre
Densidad de siembra	: 4 - 6 kg/ ha
Distancia entre surco	: 0.80 m
Formula de abonamiento	: 60-40-30 de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O
Altura de planta	: 130 cm
Color de grano	: Crema dorado
Color de la inflorescencia	: Crema
Tipo de panoja	: Erecta
Longitud de panoja	: 45 cm
Diámetro de grano	: 0,8 mm
Peso de 100 semillas	: 0.5 m
Rendimiento	: 1 500 kg/ ha

Características de grano : Cristalino



Figura 2— Kiwicha variedad Centenario

Extraído de INIA 2010 Folleto N° 6 – 10

3.2.5 Compuestos bioactivos de la kiwicha

Los granos de kiwicha presentan compuestos bioactivos con capacidad antioxidante como polifenoles, flavonoides, carotenoides, fitoesteroles, carotenoides entre otros (LAJOLO et al., 2001); (SADOWKA-BARTOSZ Y BARTOSZ, 2014) cuyo consumo contribuye a la protección a la mejora de la salud, disminuyendo los riesgos de enfermedades cardiovasculares, degenerativas, entre otros, debido a que protege las células de los daños producidos por los radicales libres que causan oxidación (PAULINO et al., 2013).

3.2.5.1 Capacidad antioxidante de la kiwicha

Los granos de kiwicha presentan altos contenidos de compuestos bioactivos y con mayor capacidad antioxidante (BREND, et al., 2012). TANG et al., (2015) reportaron que las semillas de kiwicha poseen altos contenidos de compuestos fenólicos, en comparación a otras semillas de su color, del mismo modo se encontró carotenoides en distintas variedades de kiwicha, interactuando positivamente los compuestos lipofílicos y carotenoides totales.

3.2.5.2 Antioxidantes

El antioxidante es una molécula capaz de prevenir o retardar la velocidad de oxidación de las sustancias autooxidables (perdida de uno o más electrones) de otras moléculas, generalmente sustratos biológicos como lípidos, proteínas o ácidos nucleicos (INTA, 2015); (FENNEMA, 2000), considera que al entregar un electrón a los radicales libres se desactivan, apagando el proceso de oxidación, y transformándose ellos en radicales libres inactivos o flojos (LEIGHTON, et al., 2000), todo ello evitan la pérdida de olores, sabores y apariencia general de los alimentos (ALCAZAR, 2002).

Para que un compuesto sea considerado como antioxidante debe cumplir dos condiciones básicas, la primera es que cuando se encuentre en una concentración baja con relación al sustrato que va a ser oxidado, puede disminuir o prevenir la autooxidación o la oxidación mediada por un radical libre y la segunda, no puede actuar en oxidaciones posteriores (RICE - EVANS, et al., 1996). Los radicales libres se producen como resultado de la oxidación celular, y su número limitado y controlado resulta beneficioso para el organismo, por su rol que desempeñan dentro del sistema inmunológico, dado que son capaces de eliminar microorganismos, pero cuando su número aumenta y se inestabiliza produce resultados negativos como es el caso de enfermedades degenerativas como alteraciones en el aparato circulatorio, sistema nervioso, cáncer, sida o el envejecimiento, debido a la alteración del ADN de las células (ECEWEN, 1998).

Los radicales libres, son especies químicas, átomos o moléculas, con un electrón solitario girando en sus órbitas extremas. Esta condición, químicamente muy inestable, lo torna sumamente activo puesto que el electrón impar o solitario “busca desesperadamente una pareja” para salir del desequilibrio atómico (LEIGHTON, et al., 2000).

Para lograr su objetivo, sustrae un electrón a cualquier molécula vecina, es decir, la oxida alterando su estructura y convirtiéndola a su vez en otro radical libre ansioso de captar un electrón, generando así una reacción en cadena.



3.2.5.3 Tipos de antioxidantes

Existen antioxidantes naturales presentes en nuestro organismo o sintéticos, dentro de cada grupo los antioxidantes pueden ser enzimas que aumentan la velocidad de ruptura de los radicales, otros que previenen la participación de iones de metales de transición en la generación de radicales libres y los inactivadores o barredores, de esta manera cuidarían de las infecciones, del deterioro celular, del envejecimiento prematuro y probablemente del cáncer.

3.2.5.4 Antioxidantes sintéticos

Los antioxidantes sintéticos más usados son los compuestos fenólicos como el Butil-Hidroxi-Anisol (BHA), el Butil – Hidroxi-Tolueno (BHT), el Ter-Butilhidroquinona (TBHQ) y los ésteres del ácido gálico, como el galato de propilo o Propilgalato (PG). Los antioxidantes fenólicos sintéticos contienen sustituciones alquílicas para mejorar la solubilidad en grasas y aceites (POKORNY, et al., 2005).

La Toxicología De Los Antioxidantes Sintéticos Se Ha Estudiado Con Gran Profundidad. Sin embargo, actualmente se está cuestionando el uso de algunos de ellos ya que nuevos datos toxicológicos, obtenidos durante su prolongado período de uso, aconsejan mantener cierta precaución. En este sentido, los productos naturales se presentan como sustancias más saludables y seguras (POKORNY, et al., 2005).

3.2.5.5 Antioxidantes naturales.

Se trata de un grupo de vitaminas y otros compuestos vegetales y enzimas que bloquean el efecto perjudicial de los denominados radicales libres (INTA, 2015). Es muy complicado procurar definir los antioxidantes naturales, pero en general el término alude a aquellas sustancias que se presentan o pueden ser removidas de los tejidos de las plantas y los animales, y a aquellos que se forman durante el cocinado o el proceso de compuestos alimenticios de origen vegetal o animal (POKORNY et al., 2005).



Los antioxidantes naturales podemos encontrar en todas las plantas, microorganismos, hongos e incluso en los tejidos animales. La mayoría son compuestos fenólicos, entre los cuales los grupos principales son los tocoferoles, los flavonoides y los ácidos fenólicos (POKORNY et al., 2005).

3.2.5.6 Capacidad Antioxidante

Lo primero a destacar es que la medición de la actividad antioxidante de un alimento supone la cuantificación de virtualmente todas las moléculas antioxidantes presentes en este.

Los principales antioxidantes en pseudocereales están constituidos por mezclas complejas de compuestos fenólicos o polifenoles, aunque también las proteínas desempeñan un rol (GORINSTEIN, et al., 2007), del mismo modo los compuestos lipofílicos contribuyen significativamente a la actividad antioxidante (Fischer, et al., 2013), los cuales ejercen efecto protector contra enfermedades como cáncer y cardiovasculares (PADILLA, et al, 2008).

Así los antioxidantes son compuestos que poseen la propiedad de prevenir la oxidación de las células. En las reacciones de oxidación, muchas veces, se producen radicales libres, que son especies altamente oxidativas, pudiendo generar daños al organismo (LIM, et al., 2007).

Los antioxidantes protegen el organismo de los radicales libres, moléculas altamente reactivas que puedan dañar el organismo a nivel celular, este daño producido por los radicales libres puede aumentar el riesgo al desarrollo de cáncer, enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades degenerativas. Los antioxidantes desactivan los radicales libres minimizando el daño y protegiendo el organismo de este tipo de enfermedades (PADILLA ET AL., 2008).

3.2.6 Compuestos fenólicos

Constituyen un amplio grupo de sustancias químicas consideradas metabolitos secundarios de las plantas, con diferentes estructuras químicas y actividad



englobando más de 8000 compuestos debido a sus propiedades antioxidantes y sus posibles implicaciones beneficiosas en la salud humana (MARTINEZ, et al., 2000), encontrándose en los tejidos y células vegetales (OJEDA, 2007), los cuales presentan actividad antioxidantes, con efectos saludables (Martínez et al., 2000; CHASQUIBOL, et al., 2003; SEGURA, 2004).

3.2.6.1 Polifenoles totales

Los polifenoles totales son compuestos bio-sintetizados por las plantas (tallos, frutos, hojas, etc.). Los polifenoles tienen como principal característica estructural poseer uno o más grupos hidroxilo (-OH) unidos a uno o más anillos bencénicos. Siendo primariamente conocidos por sus propiedades antioxidantes, la mayor parte de los polifenoles exhibe, además, de otras actividades biológicas potencialmente benéficas para la salud (RUIZ, 2010).

3.2.6.2 Ácidos Fenólicos

Los ácidos fenólicos son abundantes en los alimentos. Los más frecuentes son el ácido cafeico, y en menor medida el ácido ferúlico, que se encuentra asociado a la fibra dietética mediante la formación de enlaces éster con componentes de la hemicelulosa (SCALBERT & WILLIAMSON, 2000), pudiéndose diferenciar dos grupos principales de ácidos fenólicos: los derivados del ácido benzoico y los derivados del ácido cinámico como se puede ver en la Figura 3.



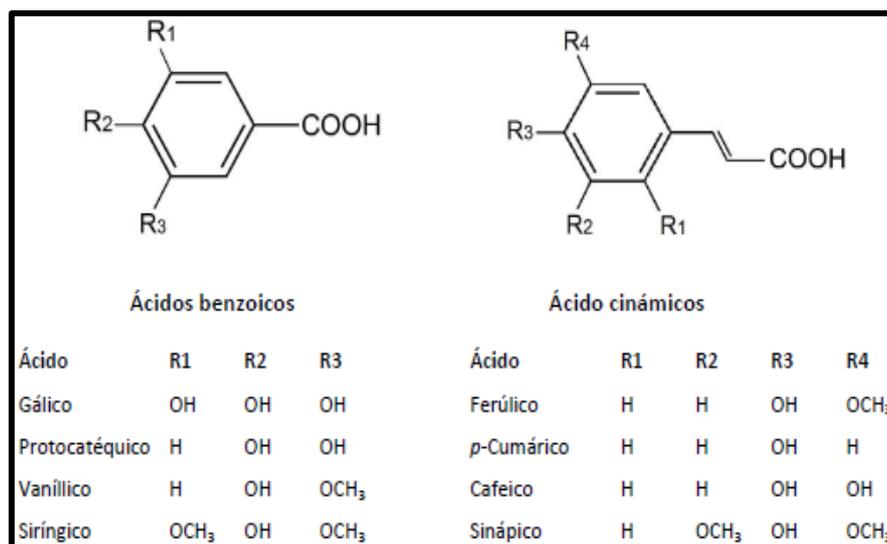


Figura 3 — Estructura química de los principales ácidos fenólicos

Extraído de MANACH et al., (2004)

3.2.6.3 Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos

Los mecanismos de acción antioxidante de los compuestos fenólicos son diversos. Cada compuesto fenólico actuará por uno o más mecanismos, según sus propiedades características. De manera general, los compuestos fenólicos pueden actuar como antioxidantes mediante dos mecanismos principales: la neutralización de radicales libres y la quelación de metales (RICE-EVANS et al., 1996), neutralizando radicales libres debido a su bajo potencial redox (PIETTA, 2000).

3.2.6.4 Medición de la capacidad antioxidante

Puede determinarse por los efectos del compuesto antioxidante. La medición de una muestra oxidante, pueden usarse intermediarios o productos finales para valorar su capacidad antioxidante (TOVAR, 2013). En la Tabla 3, se muestra las dos categorías.

Tabla 3 — Clasificación de los modelos de ensayo

Ensayo	Características morfológicas
1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH.)	Ensayos basados en la transferencia de electrones (ET)
Poder de reducción antioxidante del hierro (FRAP)	
Poder de reducción antioxidante del hierro (FRAP)	
N, N-dimetil-p-fenilendiamina (DMPD)	
Capacidad de reducción antioxidante del cobre (CUPRAC)	Ensayos basados en la transferencia de átomos de hidrógeno (HAT)
Capacidad de absorción de radical oxígeno (ORAC)	
Parámetro antioxidante de captura de radicales (TRAP)	
Inhibición de la oxidación del ácido linoléico	
Inhibición de la oxidación de los lípidos de baja densidad (LDL)	

Extraído de HUANG et al. (2005)

3.2.7 Germinado de semilla de kiwicha

Según LALLANA (2005), es el conjunto de procesos metabólicos que tienen como resultado la transformación de un embrión en una plántula que podría crecer sin ayuda otros agentes liberando enzimas diastasas se activen y den lugar a nuevas reacciones (GOYOAGA, 2005).

La germinación presenta fases de la germinación, como la hidratación, que consiste la absorción de agua es el primer paso de la germinación, sin el cual el proceso no puede darse (Figura 04) (Fase I); germinación, con el inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de las reservas alimentarias para el desarrollo adecuado de la plántula (Fase II), y el crecimiento y división celular que provoca la emergencia de la radícula y posteriormente de la plúmula (Fase III).

3.2.7.1 Fases de la germinación

a. Imbibición (F1)

En esta etapa los tejidos del embrión se avivan con la hidratación y esta acción desencadena una serie de fases metabólicas que son esenciales para las siguientes etapas del brote como se muestra en la (Figura 6). La hidratación del embrión es diferente según el tipo de granos (PITA et al., 1998).

b. Germinación (F2)

Esta fase se caracteriza por la activación generalizada del metabolismo del grano debido a la reducción de la absorción del agua por el grano, lo cual resulta muy importante para que se desarrolle el último periodo del avivamiento del brote, la fase del desarrollo (PITA et al., 1998).

c. Fase de crecimiento (F3)

En esta etapa se produce el desarrollo del germen y emergencia de la radícula a través de las cubiertas seminales debido a la ampliación de la acción metabólica, a su vez el desarrollo de la plántula se inicia una vez que las cubiertas seminales hayan sido quebradas. Esta etapa es cambiante según las especies que implican un elevado gasto de energía que se obtiene mediante la movilización de las reservas nutritivos del grano (PITA et al., 1998)

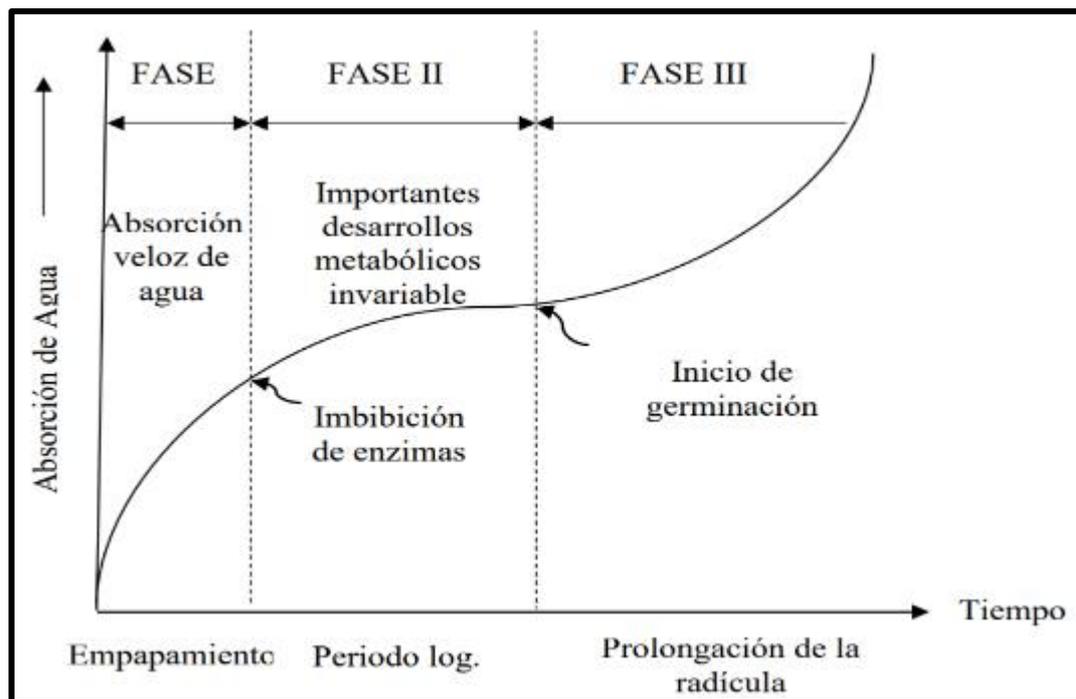


Figura 4 — Fases de germinación

Extraído de Azcón-Bieto y Talón (1993)

3.2.7.2 Desarrollo del germinado del cereal

- La difusión de las giberelinas se inicia con la hidratación de la semilla que se difunden al endospermo a través del escualeno.
- Al momento de arribar a las células de las cubiertas de aleurona, las giberelinas liberadas en el endospermo inducen la adquisición de las enzimas hidrolíticas.
- Las amilasas se encuentran entre las enzimas hidrolíticas sintetizadas que se difunde al borde del endospermo para hidrolizar la harina de las semillas a glucosa.
- Las moléculas de carbohidrato liberadas son utilizadas por el germen como principio de energía (ATP), las cuales llegan hasta el mismo por difusión.
- Las otras enzimas hidrolíticas sintetizadas degradan las reservas restantes: proteínas, lípidos y ácidos nucleicos. Dichas riquezas son hidrolizadas a moléculas más sencillas, es decir, a aminoácidos, ácidos grasos y glicerol, y nucleótidos, respectivamente.

- En este paso ya las moléculas estructurales y las fuerzas necesarias para la el inicio del extracto de sus propias moléculas forma parte de la disposición del núcleo.
- Por último, el germen, luego de distinguirse y agrandarse, se transformará en una tierna plántula. Como se muestra en la Figura 5.

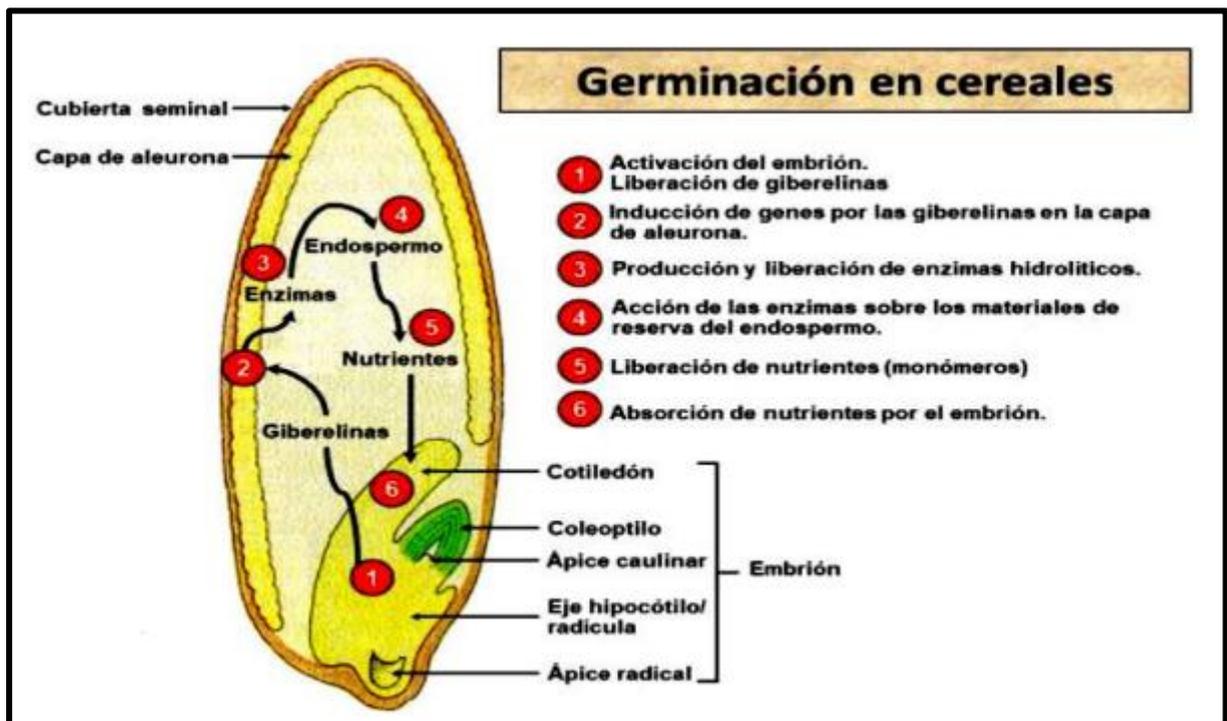


Figura 5 —Esquema de las fases de inhibición de agua por una semilla durante la germinación de los cereales

Extraído de AZCÓN (2017).

3.2.7.3 Valor nutritivo de semillas germinadas

Los germinados de semillas son una buena fuente de aminoácidos, carbohidratos, fibra y grasa poliinsaturada, benéficas para el corazón y los vasos sanguíneos. Entre sus vitaminas sobresalen la vitamina C, B9 o ácido fólico, beta- caroteno o provitamina A, E y K. sus, minerales más notables son: potasio, magnesio, calcio, hierro y zinc. El germinado de pseudocereales también es fuente de enzima, que favorecen la digestión; flavonoides de acción antioxidante, y clorofila (KYLEN & MCCREADY, 1975).

Algunas investigaciones consignan efectos benéficos para la salud, que incluyen una reducción en el desarrollo de hipertensión y arterosclerosis (WU, y FACCI., 2004) y cierta protección contra componentes cancerígenos. Entre numerosos vegetales estudiados, los germinados de alfalfa se colocan en los primeros lugares como fuentes de antioxidantes (CAO, 1997), Los valores nutrimentales de diferentes tipos de germinados de semillas se consignan en la Tabla 4.

Tabla 4 — Valor nutrimental de semillas germinadas

Germinado	Calorías	Proteínas (%)	Fibra (%)	Vitamina C	Hierro	Folatos
Alfalfa	10.0	1.1	3.0	5.0	2.0	3.0
Frijol	26.0	2.5	4.0	23.0	4.0	9.0
Rábano	16.0	1.4	n/a	18.0	2.0	9.0
Soya	86.0	9	3.0	17.0	8.0	30.0
Trigo	214.0	8	4.0	5.0	11.0	10.0

Extraído de Departamento de Agricultura U.S. (2000)

3.2.7.4 La Capacidad Antioxidante de semillas germinadas

Basándose en el peso fresco de distintos vegetales, el ajo tiene la mayor actividad antioxidante contra radicales peroxi, seguido de la col rizada, la espinaca, la col de Bruselas, el germinado de alfalfa, el brócoli, la coliflor, entre otras. Asimismo, también se ha demostrado capacidad antioxidante contra radicales hidroxilo en el germinado de semillas de alfalfa (CAV, et al., 1996). La capacidad antioxidante de un producto puede sufrir modificaciones durante el procesamiento, almacenamiento o por prácticas de cocción a las que es sometido (CHAVEZ, et al., 2002).

PAŠKO, et al., (2008) Cabe mencionar que la actividad antioxidante en los brotes germinados a sido dependiente del tiempo de crecimiento y mayor

cuando los brotes crecieron en condiciones naturales de iluminación que en la oscuridad.

3.2.8 Proteínas

Las proteínas son biomoléculas de elevado peso molecular (macromoléculas) formadas por aminoácidos, que se unen en varias cadenas lineales para formar su estructura. Debido a que hay varios y diversos aminoácidos, existen múltiples configuraciones y por lo tanto muchas proteínas diferentes. Estas sustancias rescatan funciones biológicas en el organismo humano, entre las que se cuenta principalmente la regeneración y la formación de tejidos, la síntesis de enzimas, anticuerpo y hormonas y como componente de la sangre, entre otras: forman parte del tejido conectivo y muscular de los animales y de otros sistemas regidos estructurales (DERGAL, 1990).

3.2.8.1 Proteínas Vegetales

Las proteínas vegetales son fuente de nutrientes y componentes funcionales importantes de acuerdo a su diversidad, disponibilidad y costo, aprovechando, las propiedades tecnológicas y los beneficios nutricionales, de cada grupo proteico. Se obtiene principalmente, de legumbres, cereales, semillas oleaginosas y una pequeña parte, de hojas verdes. (JAYASENA, y otros, 2010) La disponibilidad de fuentes de proteínas vegetales como las harinas desgrasadas de oleaginosas, con la tendencia a la reducción, de la ingesta de proteínas de origen animal hace que últimamente se haya, avanzado mucho en la obtención mejorada de estas proteínas, de origen vegetal para su uso en la dieta diaria. (ONSAARD, y otros, 2010)

Adicional a sus propiedades nutricionales, las proteínas de origen vegetal constan de propiedades funcionales, algunos son la coagulación, gelatinización y emulsificación que participan con un papel importante en el procesamiento de los alimentos. Sin embargo, existen factores que afectan las propiedades de las proteínas, los endógenos como la composición de aminoácidos y los factores exógenos, como temperatura, solvente, pH o factores del ambiental. (KLUPSAITE, y otros, 2015) Las proteínas, vegetales



contienen escasos porcentajes de lisina, triptófano, y treonina (cereales) y en casos de oleaginosas y nueces, posee mínimo contenido metionina y lisina. El aminoácido que por necesidad sea importante y a la vez escaso, es denominado aminoácido, limitante. (BARAC, y otros, 2010)

3.3 Marco conceptual

- a) **Antioxidantes:** Son compuestos naturales presentes en los alimentos usados para retrasar el inicio o reducir la velocidad de la oxidación de otros sustratos. (ALCÁZAR, 2002)
- b) **Aminoácidos:** Monómeros de las proteínas. Se caracterizan por poseer en su molécula un grupo carboxilo, un grupo amino y una cadena lateral R, unidas mediante enlaces covalentes a un átomo.
- c) **Aminoácidos esenciales:** Sustancias orgánicas formadas a partir de una función amínica NH_2 y una función ácida como mínimo, además son unidades fundamentales (monómeros) para la construcción de proteínas. (ALCÁZAR, 2002)
- d) **Compuesto bioactivo:** Es toda aquella sustancia, que tras su ingesta tiene un efecto, beneficioso en un organismo, vivo. (ALCÁZAR, 2002)
- e) **Proteína vegetal:** Fuente de nutrientes, funcionales y propiedades tecnofuncionales, de cada grupo de proteínas, obtenidas de leguminosas, cereales, oleaginosas y hojas verdes. (ALCÁZAR, 2002)
- f) **Proteína:** Polímeros lineales formados por moléculas de aminoácidos. Están compuestos por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y entre otros elementos destaca el azufre.
- g) **Fenoles:** Compuestos que contienen por lo menos un ciclo bencénico en su composición (SCALBERT & WILLIAMSON, 2000).
- h) **Germen:** Son los embriones que emergen de la cariósida, son considerados almacén de nutrientes además enlazan comunicación entre la plántula y el almacén de nutrientes del endospermo (ALCÁZAR, 2002)
- i) **Germinados:** Se denomina germinado a cualquier semilla cuyo metabolismo es estimulado por el contacto con el agua, el aire y el calor. Los cereales germinados tienen un mejor valor nutritivo que los granos crudos. Esto es debido a que la activación de los sistemas enzimáticos degrada a las proteínas y carbohidratos



haciéndolos más digestibles. Durante la germinación aumenta el contenido y biodisponibilidad de ciertos nutrientes, se hidroliza parcialmente el almidón y la proteína (PITA et al., 1998).



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo de investigación

Según el procedimiento es experimental ya que establece relación de causa y efecto, utiliza grupo experimental de control, utiliza procedimientos al azar, para relacionar muestras. (CAMACHO DE BÁEZ, B. 2008).

Por las metodologías y los objetivos propuestos el tipo de investigación es aplicada de acuerdo a los factores ya que se hará uso de herramientas y conceptos para describir los resultados.

4.1.2 Nivel de investigación

EL nivel corresponde al explicativo, puesto que se explicarán los fenómenos que ocurren con las variables dependientes al someter al proceso de germinación.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación corresponde al experimental, basado en un Diseño de bloques Completamente al Azar (DBCA), con arreglo bifactorial de 2x4 con cuatro repeticiones, Los factores en estudio tienen dos niveles cada uno; (variedad de kiwicha: Óscar blanco y centenario); (tiempo de germinado: 0 h, 24 h, 48 h y 72 h), haciendo un total 08 tratamientos con cuatro repeticiones (n=4), lo que se traduce en 32 unidades de observación.



Tabla 5 — Diseño experimental

TRATAMIENTOS	FACTORES		UNIDADES OBSERVABLES	REPETICIONES	(Y) VARIABLE RESPUESTA
	VARIEDAD DE KIWICHA	TIEMPO DE GERMINACIÓN			
1	Oscar Blanco	0 horas (Sin germinar)	1	R1	Y ₁ Y ₂ Y ₃ Y ₄ } μ_1
			2	R2	
			3	R3	
			4	R4	
2	Oscar Blanco	24 horas	5	R1	Y ₁ Y ₂ Y ₃ Y ₄ } μ_2
			6	R2	
			7	R3	
			8	R4	
3	Oscar Blanco	48 horas	9	R1	Y ₁ Y ₂ Y ₃ Y ₄ } μ_3
			10	R2	
			11	R3	
			12	R4	
4	Oscar Blanco	72 horas	13	R1	Y ₁ Y ₂ Y ₃ Y ₄ } μ_4
			14	R2	
			15	R3	
			16	R4	
5	Centenario	0 horas (Sin germinar)	17	R1	Y ₁ Y ₂ Y ₃ Y ₄ } μ_5
			18	R2	
			19	R3	
			20	R4	
6	Centenario	24 horas	21	R1	Y ₁ Y ₂ Y ₃ Y ₄ } μ_6
			22	R2	
			23	R3	
			24	R4	
7	Centenario	48 horas	25	R1	Y ₁ Y ₂ Y ₃ Y ₄ } μ_7
			26	R2	
			27	R3	
			28	R4	
8	Centenario	72 horas	29	R1	Y ₁ Y ₂ Y ₃ Y ₄ } μ_8
			30	R2	
			31	R3	
			32	R4	

Donde R1, R2, R3, R4 son réplicas; y₁, y₂, y₃, y₄ son promedio de cada repetición; $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_8$ son media de cada tratamiento



4.3 Población y Muestra

Población

Se consideró como universo y/o población de estudio a dos variedades de kiwicha: (variedad Oscar Blanco) y (variedad Centenario) producidas por los productores proveniente de la comunidad de Asil Viracochan, distrito de San Pedro de Cachora, provincia de Abancay, departamento de Apurímac, de los meses de marzo a junio del año 2022.

Muestra

Las muestras fueron obtenidas mediante un muestreo no probabilístico, el cual consistió de la cosecha de las semillas en estado de madurez óptimo y sano. La muestra estuvo referida a 500 g, a la kiwicha germinada y no germinada de las variedades Oscar Blanco y Centenario, la cual se considera como cantidad suficiente para desarrollar los análisis experimentales correspondientes.

4.4 Procedimiento

4.4.1 Proceso de obtención de kiwicha germinada

La obtención de kiwicha germinada se desarrollarlo de acuerdo como se describe en cada una de las operaciones para la obtención de muestras de germinadas, las siguientes etapas de operaciones unitarias que se muestran en diagrama de operaciones (Figura 6), el cual se detalla a continuación (TORRES y CHÁVEZ, 2016).

- a) **Recepción:** se decepcionó la materia prima y se mantuvo en un ambiente adecuado.
- b) **Seleccionado y clasificación:** se utilizó una bandeja de acero inoxidable para la limpieza, para separar el polvo, y materias extrañas, del mismo modo para clasificar según su calidad y tamaño.
- c) **Lavado y desinfectado:** Se realizó el lavado con abundante agua fresca al 1% de hipoclorito de sodio, dejando en reposo por 3 minutos, enseguida se enjuago con abundante agua destilada, al menos 5 enjuagues.



- d) **Remojo:** Los granos se remojó en agua por al menos 4 horas, en una relación 1:3 (grano: agua) a temperatura ambiente, hasta alcanzar humedad entre 40-50%.
- e) **Preparación de bandejas de germinación:** Se preparó en bandejas de plástico o acero inoxidable, donde se agregó los granos a una altura 5 a 7 mm cubiertas con papel toalla o gaza húmeda.
- f) **Germinación:** Los granos remojados se llevaron a una estufa a 28 °C durante 24, 48, 72 horas, a humedad relativa entre 80 -85 %.
- g) **Secado:** Los granos germinados se llevaron a una estufa a 85 °C durante 2 horas, hasta humedad constante.
- h) **Molienda:** los granos germinados de procedieron a moler en el molino de cuchilla GRINDOMIX GM200 – RETSCH a 3000rpm durante 3 minutos para garantizar su homogeneidad.
- i) **Tamizado:** los granos germinados previamente molidos se tamizaron en la tamizadora analítica AS 400 CONTROL, Para obtener un tamaño de partícula de 80 a 100 micras.



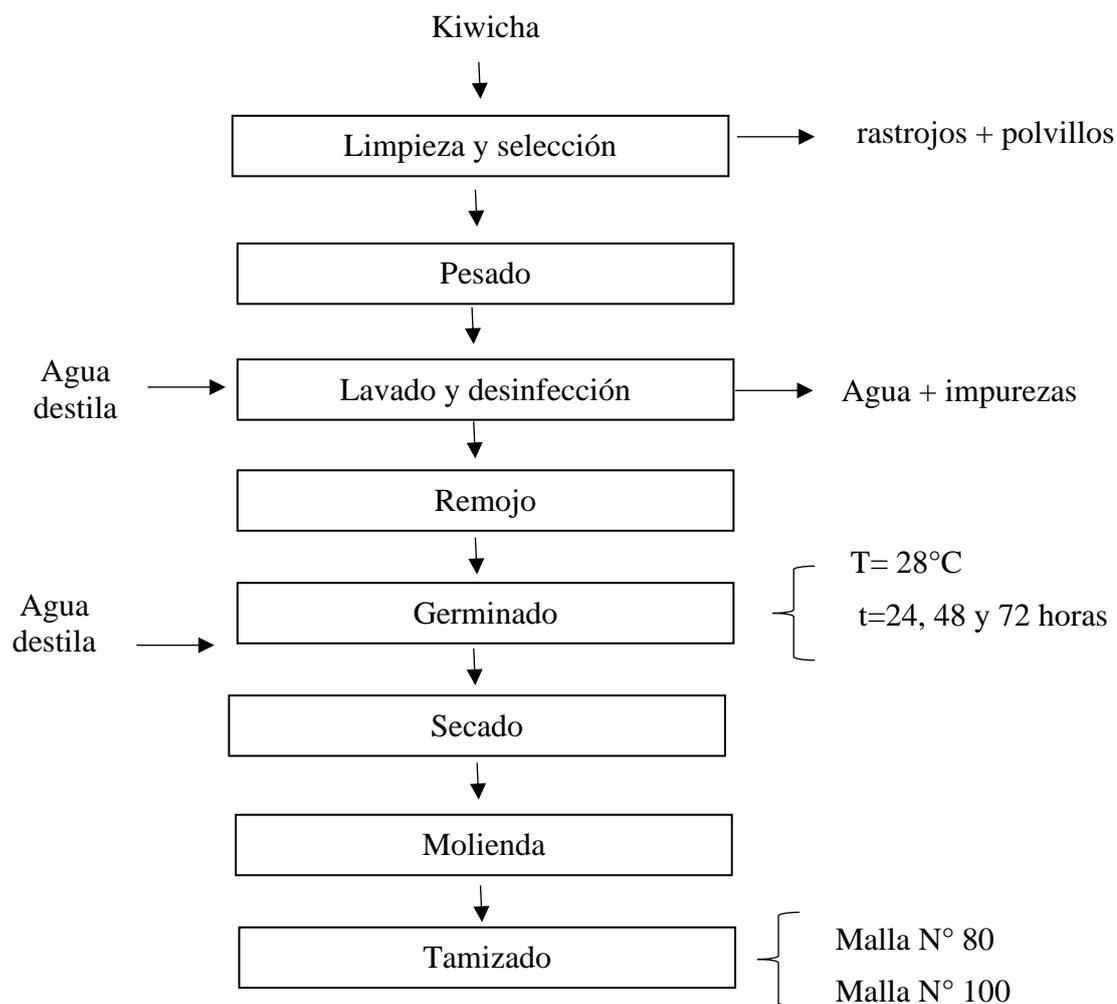


Figura 6 — Proceso de obtención de germinado de semillas de kiwicha.

4.4.2 Determinación de compuestos fenólicos totales

Las determinaciones de fenoles totales se realizaron mediante el método espectrofotométrico con el reactivo de Folin Ciocalteu (SINGLETON *et al.*, 1999).

a) Preparación de la muestra

Se pesó 1 g de muestra molida, se añadió 10 ml de metanol al 80 % (p/v) y se mezcló por 5 min en el agitador vortex. Seguidamente se llevó a un Baker cada uno y se colocaron en un agitador magnético por 15 minutos a una velocidad de 800 RPM a temperatura ambiente en oscuridad.

Se macero los homogenizado por un tiempo de 24 horas a 4 °C en oscuridad.

Transcurrido este tiempo se procedió a centrifugar los homogenizados por un tiempo de 30 minutos a 3000 RPM a temperatura ambiente.

Luego se tomó el líquido sobrenadante, el líquido obtenido es la muestra, lista a ser evaluada.

b) Preparación de la dilución de carbonato de sodio 20%

Se preparó una disolución de carbonato de sodio al 7.5 % con 7.5 g de carbonato de sodio en un matraz aforado de 100 ml, luego se disolvió en 25 ml de agua luego se llevó al ultrasonido hasta su completa disolución, finalmente se aforo su volumen de con agua destilada.

c) Preparación de la dilución 1N del reactivo folin ciocalteu

Se realizó por medio de una dilución 1:1 del reactivo comercial (1N) en agua destilada; y el reactivo se protegió de la luz y se refrigero hasta su uso.

d) Preparación de la solución madre de ácido gálico

Se preparó una dilución patrón de ácido gálico de 0.1 g/l, con 25 mg de ácido gálico, luego se colocó a una fiola aforada de 25 ml y con aforo de agua destilada luego se preparó una dilución 1:10 con agua destilada.

e) Curva de calibración

Se utilizó la solución madre de ácido gálico y se realizó diluciones a diferentes concentraciones de 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.4 mg/ml. La muestra en blanco se preparó sin ácido gálico; con 0,125 ml de Folin Ciocalteau a 1N más 0, 250 ml de carbonato de sodio al 7.5 % luego se añadió 3.5 ml de agua ultra pura y las diferentes concentraciones se preparó según la Tabla 6, La curva de calibración se utilizó solo como referencia.

Tabla 6 — Datos para la curva de calibración

Concentración	Ácido gálico (ml)	Folin ciocalteu (ml)	Carbonato de sodio 7.5 % (ml)	Agua ultra pura (ml)
0 ppm (blanco)	--	0.125	2.5	3.5
50 ppm	0.125	0.125	2.5	3.5
100 ppm	0.125	0.125	2.5	3.5
150 ppm	0.125	0.125	2.5	3.5
200 ppm	0.125	0.125	2.5	3.5
400 ppm	0.125	0.125	2.5	3.5

Extraído de SINGLETON *et al.* (1999)

Finalmente se realizó la lectura de absorbancia en el espectrofotómetro UV-Visible a una longitud de onda a 765 nm.

La ecuación de la curva estándar para la cuantificación de los compuestos fenólicos totales fue:

$$Y = mX + b \dots \dots \dots Ec.03$$

Despejando X tenemos;

$$X = (Y - b)/m \dots \dots \dots Ec.04$$

Dónde:

Y = Absorbancia a 765 nm

m = pendiente de la curva

X = concentración

b → intercepto

f) Análisis de fenoles totales

Se determinó los fenoles totales, para lo cual se mezcló 0.125 ml de cada extracto crudo y 0.125 ml de reactivo Folin Ciocalteu agitándose vigorosamente por 3 minutos. Después se agregó 3.5 ml de agua ultra pura, asimismo se agregó 2.50 ml de una solución de Carbonato de sodio, se agito vigorosamente. Posteriormente se incubo a una temperatura de 45°C por 15 minutos. Se utilizó como blanco el metanol acuoso (80:20 v/v) para medir la absorbancia a 765 nm. Los resultados de compuestos fenólicos se calcularon mediante la siguiente ecuación 05:

$$.F.T = \frac{X * V * 100}{p} \dots\dots\dots Ec. 05$$

Dónde:

$C.F.T$ = Compuestos fenólicos en miligramos de ácido gálico equivalente (AGE) por cada 100 g de kiwicha germinada.

X = Miligramos (mg) de ácido gálico equivalente /g de muestra

p = Peso de la muestra en gramos

V = Volumen de muestra

4.4.3 Determinación de la actividad antioxidante

La capacidad antioxidante se realizó mediante la metodología utilizada de acuerdo a Park, (2017) y Brand-Williams (1997).

a) Preparación de extracto

Se pesó 1 gramo de muestra de kiwicha germinada se mezcló con 10 ml de etanol al 80% (p/v). Las mezclas se dejaron en maceración durante 24 horas previa agitación luego se centrifugo a 4000 rpm durante 15 minutos, el extracto clarificado, se recogió para su posterior análisis.

b) Preparación de la curva estándar

Se preparó una curva de calibración de 0.1, 0.2, 0.4, 0.8, u mol /ml de estándar Trolox en etanol absoluto y sus respectivos blancos con etanol, se mezclaron con 0.125 ml de DPPH, se dejó en reposo en oscuridad durante 30 minutos, se procedió a hacer las lecturas de las absorbancias con un espectrofotómetro (Génesis 20 Thermo Electron) a 517nm.

c) Ensayo de captación de radicales DPPH

Se utilizó la solución preparada de trolox, para luego realizar diluciones con diferentes concentraciones, de acuerdo a la Tabla 7.

Para la muestra se tomaron 300 μ l y se mezcló con 5.7 ml de DPPH de la misma forma como se preparó el estándar, se procedió a registrar las absorbancias. Las lecturas para el estándar se realizaron por cuadruplicado y para la muestra también por cuadruplicado.

En la determinación de actividad antioxidante fueron realizado por cuadruplicado, expresado en Coeficiente de Inhibición al 50% (CI50 o IC50) en equivalentes Trolox que están presente en 100 g de muestra.

Se halló la inhibición al 50%, de acuerdo a la ecuación: % de inhibición= $1 - (\text{abs muestra} / (\text{abs DPPH})) * 100$



$$\% \text{ de Inhibición} = 1 - (\text{Muestra} / (\text{Abs DPPH})) \times 100$$

d) Curva de calibración

Se utilizó la solución preparada de Trolox, para luego realizar diluciones con diferentes concentraciones, de acuerdo a la Tabla 7.

Tabla 7 — Datos para la elaboración de la curva estándar de solución Trolox

Concentración umol/ml	Trolox uL	DPPH (mL)
0.1	300	5.7
0.2	300	5.7
0.4	300	5.7
0.8	300	5.7
1.0	300	5.7

4.4.4 Determinación de proteína

Para la determinación del porcentaje de proteínas se utilizó el método Kjeldahl según NTP 205.005 (2011).

a) Proceso de digestión Kjeldahl

Se pesó 1 g de muestra en el papel de filtro, se introdujo en el balón de Kjeldahl. Se añadió una cuchara al ras de la mezcla catalizador - elevador de temperatura, y se adiciono 20 ml de ácido sulfúrico concentrado por los bordes del balón.

Se colocó el balón de Kjeldahl en la hornilla eléctrica durante un hora y media aproximadamente hasta la aparición de una solución de color verde-esmeralda limpio. Durante la hora y media de digestión, el balón de Kjeldahl se fue rotando periódicamente con la finalidad de que la digestión de la materia orgánica en la muestra fuera homogénea.

b) Proceso de destilación Kjeldahl

Se dejó enfriar el producto así obtenido y se adiciono 50 ml de agua destilada

Antes de iniciar el proceso de destilación, en un vaso Erlenmeyer se añadió 100 ml de ácido bórico y 3 a 4 gotas de indicador rojo de metilo. Se colocó el vaso Erlenmeyer en la parte terminal del equipo de destilación de modo que quedara inmerso en la solución bórica.

En el Balón de Kjeldahl, después de adicionar los de 50 ml agua, se añadió 4 gotas granallas de Zinc e inmediatamente 100 ml de hidróxido de sodio al 45 ml y se colocó en el equipo de destilación, finaliza cuando el color rojo purpura en el matraz vire a color verde, inmediatamente se interrumpió el proceso de destilación.

c) proceso de titulación con ácido sulfúrico

Se tituló el contenido del vaso Erlenmeyer con H₂SO₄ 0.02 N hasta variación de color, en este caso amarillo a rojo. Se anotó el volumen gastado.

$$\% \text{ Proteína} = (V * N * 14 * f) / (1000 * W) * 100 \dots\dots\dots \text{Ec.2}$$

Dónde:

V = volumen gasto de H₂SO₄ en la titulación (ml)

N = normalidad del H₂SO₄

14 = equivalente-gramo del nitrógeno.

W = peso de muestra (g)

f = factor proteico: 6.25



4.5 Técnicas e instrumentos

Polifenoles totales:

La cuantificación de los polifenoles totales se determinó usando la metodología de (SINGLETON et al. (1999), el cual consiste usar como reactivo Folin-Ciocalteu,

Actividad antioxidante

La capacidad antioxidante se realizó mediante la metodología utilizada de acuerdo a PARK, (2017) y BRAND-WILLIAMS (1997).

Determinación de proteínas:

la determinación del porcentaje de proteínas se utilizó el método Kjeldahl según NTP 205.005 (2011).

4.5.1 Materiales

- Bandejas para germinar
- Toallas para germinación
- Envases para muestras de germinado
- Campana desecadora
- Pesa sustancia de vidrio con tapa
- Balón Kjeldahl de 100 ml
- Pipetas de 10 ml y 5 ml
- Bureta de 50 ml
- Vasos precipitados de 100 ml
- Papel aluminio
- Destilador Kjeldahl de vidrio
- Soporte universal
- Pinzas
- Probeta de 50 ml
- Fiolas de 25 ml
- Frascos ámbar



- Tubos de ensayo de 20 ml
- Tubos cónicos con graduación.
- Piceta

4.5.2 Equipos

- Balanza analítica marca METTLER TOLEDO
- Estufa termostática, marca MEMMERT, tipo UNE 400, Germany.
- Digestor Kjeldahl Marca LABOR
- Mufla, marca LINDBERG/BLUR
- Bomba de vacío, marca ARTHUR H. THOMAS CO, TIPO RH B-KT/C
- Plancha calefactora con termostato
- Espectrofotómetro, marca SPECTROPHOTOMETER MODELO 390. SERIE 001860TN
- Baño maría con agitador Shaker
- Estufa MEMMERT
- Agitador Vórtex ROHS FY 1203000
- Centrífuga CENTURIÓN SCIENTIFIC K241
- Digestor Horno Microondas ANALYTIC KJENA
- Purificador de Agua

4.5.3 Reactivos

- Agua destilada
- Agua ultra pura
- Ácido sulfúrico
- Éter de petróleo
- Ácido sulfúrico concentrado, y solución 0.01N
- Folin ciucalteu
- Ácido gálico
- Ácido bórico
- Carbonato de sodio
- DPPH

- Trolox
- Metanol 95%
- Indicador (mezcla de rojo de metilo y azul de metileno en etanol de 95 %)
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Sulfato de potasio (K₂SO₄)
- Sulfato cúprico CuSO₄

4.6 Análisis estadístico

Para medir el efecto del tiempo de germinado sobre el contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante y proteína, se utilizó el diseño de bloques completamente aleatorizado (DBCA) con arreglo bifactorial 2x4 (variedad de kiwicha: Oscar blanco y centenario); (tiempo de germinado: 24h, 48h, 72h); con cuatro repeticiones, cuyo modelo estadístico es la siguiente ecuación:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ij}$$

Donde y , es la variable de respuesta; μ , es la media general, α y β son los efectos principales; $(\alpha\beta)_{ij}$ es la interacción de dos factores, i : (1, 2) Variedades de kiwicha (*amaranthus caudatus*) y tiempo de germinación; j : 1,2,3,4 (Repeticiones) y e_{ij} el error experimental.

Los datos fueron expresados como el promedio \pm desviación estándar (DS), numero de repeticiones (n=4).

4.6.1 Criterio para la prueba de hipótesis

Se rechaza H_0 , si $\alpha < p$ -value

Donde p -value, es la probabilidad evaluada para una distribución normal.

Las hipótesis fueron:

Hipótesis nula, H_0 : No existe relación entre el tiempo de germinación, actividad antioxidante, proteínas, y fenoles totales.

Hipótesis alterna, H_a : Existe relación entre el tiempo de germinación, actividad antioxidante, proteínas, y fenoles totales.

Nivel de significancia (α)

se empleó un nivel de significancia $\alpha = 0.05$

4.6.2 Supuesto de normalidad y homocedasticidad de residuos

Prueba de normalidad

Para la prueba de normalidad se ha realizado mediante la prueba de Shapiro-Wilk al 95% de confiabilidad, en ella se ha considerado:

Ho: Los residuos siguen la distribución normal

Ha: Los residuos no siguen la distribución normal

Se acepta la hipótesis nula cuando p-value es mayor a 0.05

Prueba de homocedasticidad (homogeneidad de las varianzas)

Para la prueba de normalidad se ha realizado mediante la Prueba de Bartlett al 95% de confiabilidad, en ella se ha considerado:

H0: las varianzas son homogéneas

Ha: las varianzas no son homogéneas

Se acepta la hipótesis nula cuando p-value es mayor a 0.05

4.6.2.1 Test de normalidad para el contenido de polifenoles totales

a) Prueba de normalidad de residuos

Haciendo el análisis correspondiente se ha encontrado que $W = 1$, $p\text{-value} = 0.6$, por lo tanto, no se puede rechazar la H_0 , es decir aceptamos que los residuos de Cantidad de polifenoles (mgAGE/100g) de variedad de kiwicha y tiempo de germinación siguen una distribución normal.

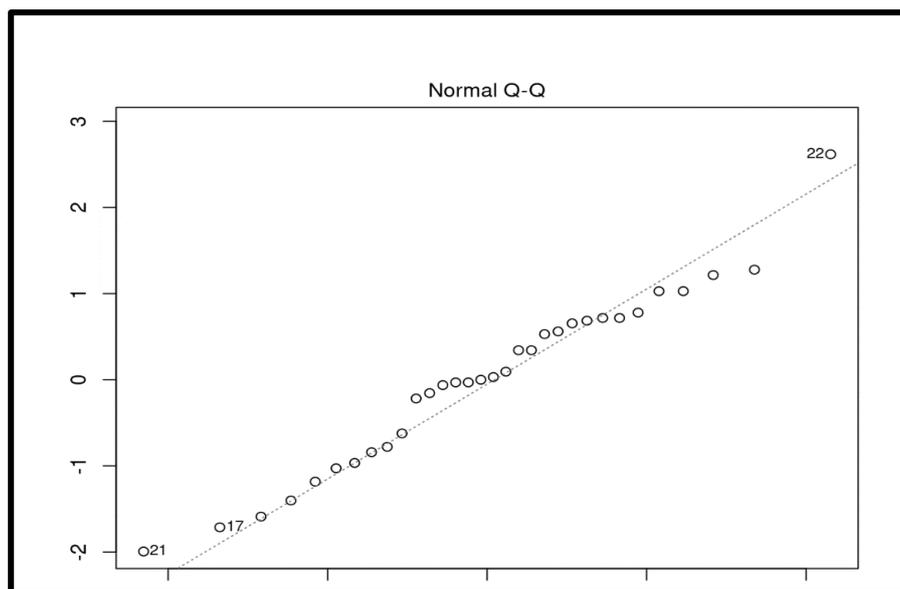


Figura 7 — prueba de normalidad de polifenoles totales

b) Prueba de homocedasticidad (homogeneidad de las varianzas)

En la que se ha encontrado para Variedad Kiwicha que el valor de Bartlett's K-squared = 0.7, $df = 1$, $p\text{-value} = 0.4$, por lo tanto, no se puede rechazar la H_0 , es decir aceptamos que las varianzas de Cantidad de fenoles (mg AGE/100 g) de variedad de kiwicha son homogéneas.

En la que se ha encontrado para Tiempo_germinación que el valor de Bartlett's K-squared = 4, $df = 3$, $p\text{-value} = 0.2$, por lo tanto, no se puede rechazar la H_0 , es decir aceptamos que las varianzas de Cantidad de fenoles (mg AGE/100 g) de tiempo de germinación son homogéneas.

En la que se ha encontrado para la interacción Variedad Kiwicha:Tiempo germinación que el valor de Bartlett's K-squared = 5, $df = 7$, $p\text{-value} = 0.7$, por lo tanto no se puede rechazar la H_0 , es decir aceptamos que las varianzas de Cantidad de fenoles (mg AGE/100 g) de variedad de kiwicha y tiempo de germinación son homogéneas.

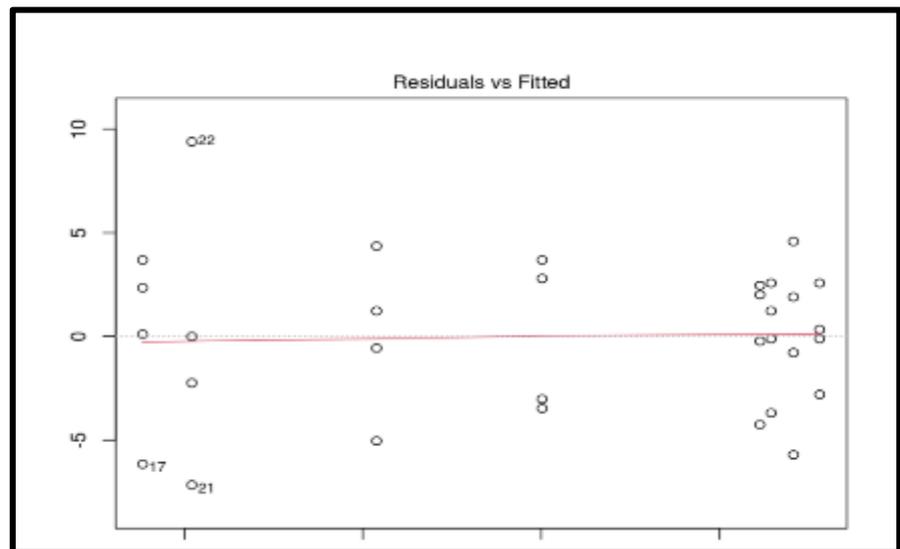


Figura 8 — Prueba de homocedasticidad de polifenoles totales

4.6.2.2 Test de normalidad para actividad antioxidante

a) Prueba de normalidad de residuos

Haciendo el análisis correspondiente se ha encontrado que $W = 0.8$, $p\text{-value} = 0.053$, por lo tanto, no se puede rechazar la H_0 , es decir aceptamos que los residuos de la Actividad antioxidante (mgTE/100g) de variedad de kiwicha y tiempo de germinación siguen una distribución normal.

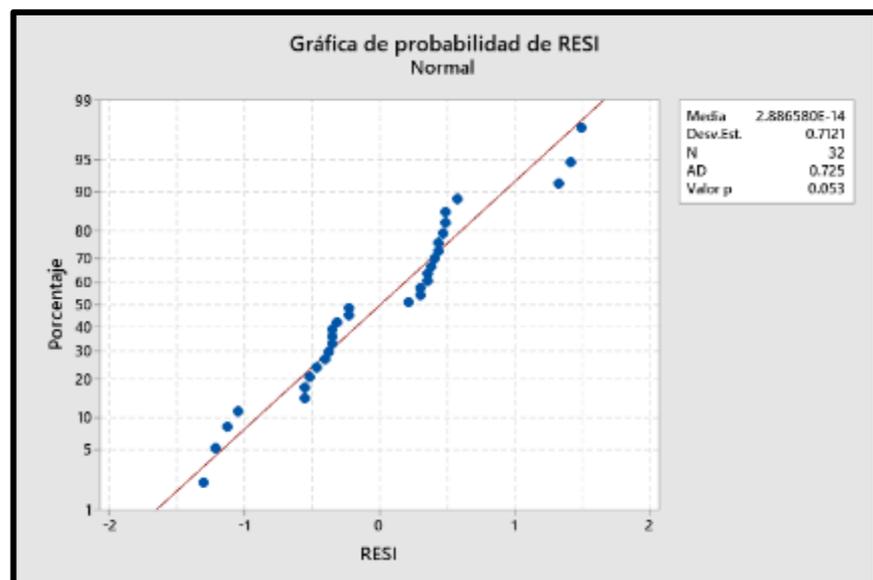


Figura 9 — Prueba de normalidad de actividad antioxidante

b) Prueba de homocedasticidad (homogeneidad de las varianzas)

En la que se ha encontrado para Variedad_Kiwicha que el valor de Bartlett's K-squared = 16, df = 1, p-value = 0.000, por lo tanto, no se puede rechazar la Ho, es decir aceptamos que las varianzas de Cantidad de la Actividad antioxidante (mg TE/100 g) de variedad de kiwicha son homogéneas.

En la que se ha encontrado para Tiempo_germinación que el valor de Bartlett's K-squared = 28, df = 1, p-value = 0.404, por lo tanto, no se puede rechazar la Ho, es decir aceptamos que las varianzas de Cantidad de la Actividad antioxidante (mgTE/100g) de tiempo de germinación son homogéneas.

En la que se ha encontrado para Variedad - Kiwicha: Tiempo-germinación que el valor de Bartlett's K-squared = 28, df = 7, p-value = 0.131, por lo tanto no se puede rechazar la Ho, es decir aceptamos que las varianzas de Cantidad de la Actividad antioxidante (mg TE/100 g) de variedad de kiwicha y tiempo de germinación son homogéneas.

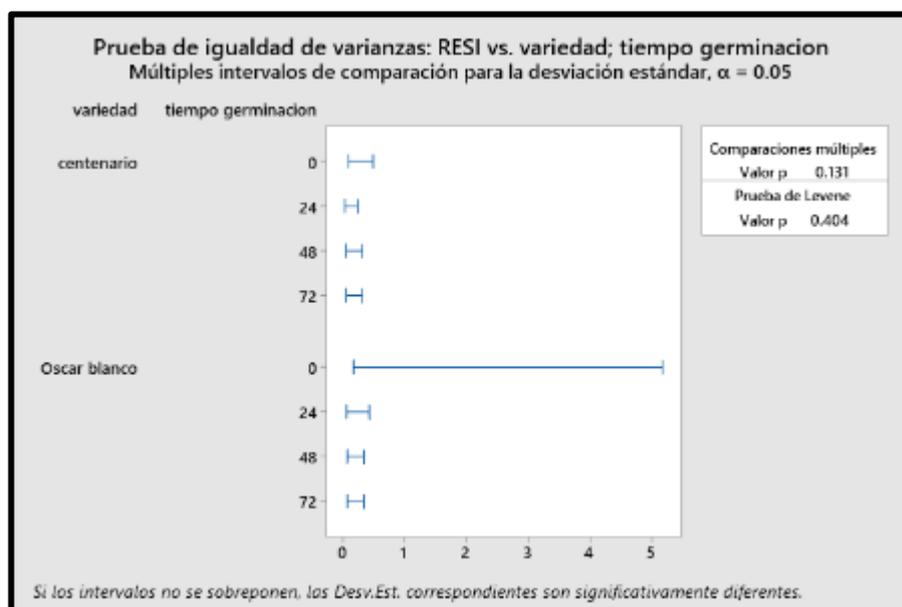


Figura 10 — Prueba de homocedasticidad de actividad antioxidante



4.6.2.3 Prueba para contenido de proteínas

a) Prueba de normalidad

Haciendo el análisis correspondiente se ha encontrado que $W = 1$, $p\text{-value} = 0.7$, por lo tanto, no se puede rechazar la H_0 , es decir aceptamos que los residuos de Contenido de proteínas (%) de variedad de kiwicha y tiempo de germinación siguen una distribución normal.

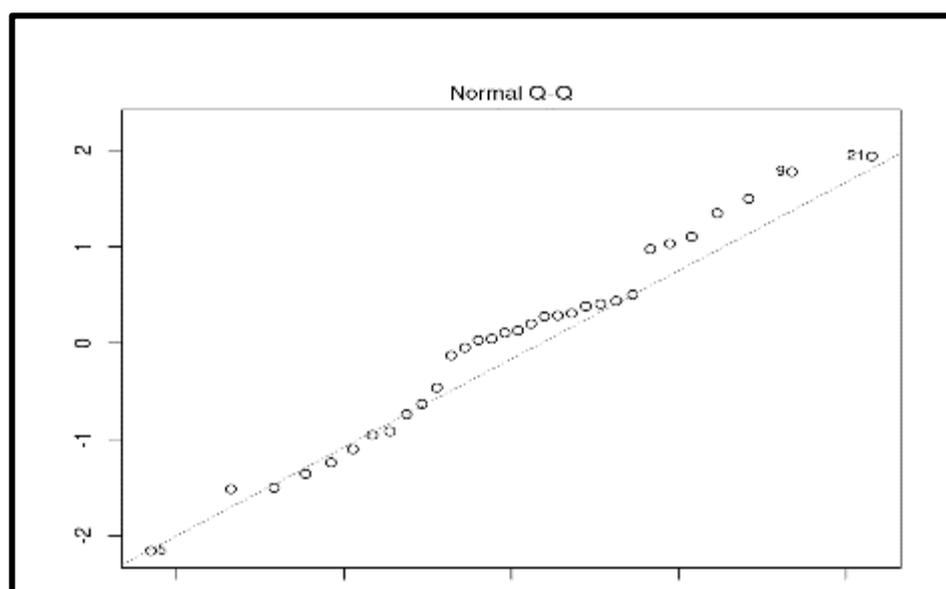


Figura 11 — Prueba de normalidad de contenido de proteínas

b) Prueba de homocedasticidad (homogeneidad de las varianzas)

En la que se ha encontrado para Variedad_Kiwicha que el valor de Bartlett's K-squared = 0.3, $df = 1$, $p\text{-value} = 0.6$, por lo tanto, no se puede rechazar la H_0 , es decir aceptamos que las varianzas de Contenido de proteínas (%) de variedad de kiwicha son homogéneas.

En la que se ha encontrado para Tiempo_germinación que el valor de Bartlett's K-squared = 3, $df = 3$, $p\text{-value} = 0.4$, por lo tanto, no se puede rechazar la H_0 , es decir aceptamos que las varianzas de Contenido de proteínas (%) de tiempo de germinación son homogéneas.

En la que se ha encontrado para Variedad_Kiwicha: Tiempo_germinación que el valor de Bartlett's K-squared = 4, $df = 7$,

p -value = 0.8, por lo tanto no se puede rechazar la H_0 , es decir aceptamos que las varianzas de Contenido de proteínas (%) de variedad de kiwicha y tiempo de germinación son homogéneas.

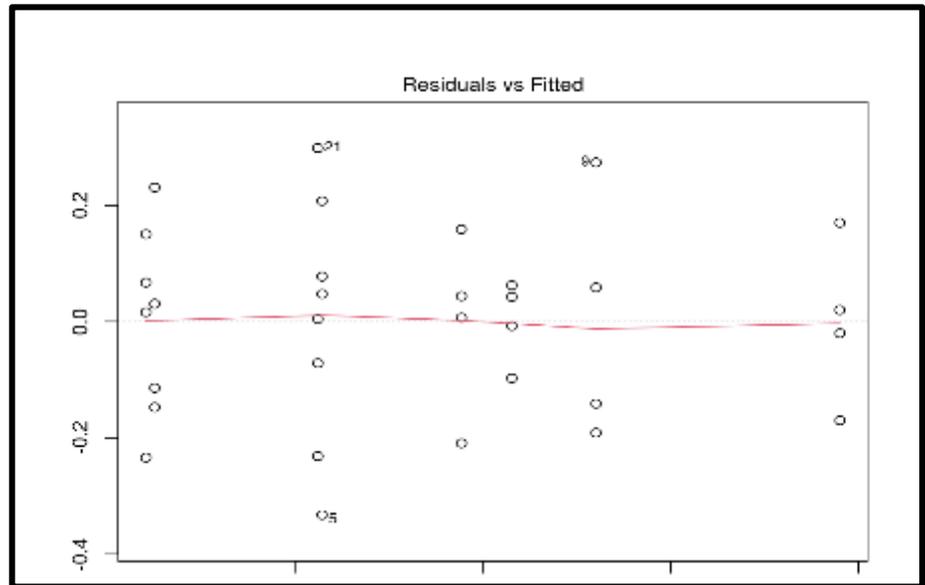


Figura 12 — Prueba de homocedasticidad de contenido de proteínas

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 Polifenoles totales

La Tabla (8) muestra los datos observados en laboratorio de Cantidad de polifenoles totales (mg AGE/100 g) por variedad de kiwicha y tiempo de germinación, realizada para la evaluación del efecto del tiempo de germinación en el contenido de polifenoles totales de dos variedades de kiwicha (*Amaranthus Caudatus*), en la que se observa que el promedio de Cantidad de polifenoles totales (mg AGE/100 g) entre la interacción de la variedad Oscar Blanco y 0 días es 131.54 mg AGE/100 g, entre Oscar Blanco y 1 día es 320.11 mg AGE/100 g, entre Oscar Blanco y 2 días es 348.29 mg AGE/100 g, entre Oscar Blanco y 3 días es 351.24 mg AGE/100 g, luego el promedio de Cantidad de polifenoles totales (mg AGE/100 g) entre la interacción de la variedad centenario y 0 días es 275.31 mg AGE/100 g, entre Centenario y 1 día es 280.82 mg AGE/100 g, entre centenario y 2 días es 344.53 mg AGE/100 g, entre centenario y 3 días es 345.80 mg AGE/100 g.

Tabla 8 — Cantidad de polifenoles totales (mg AGE/100 g) por variedad de kiwicha y tiempo de germinación.

	Oscar Blanco				Centenario			
	0 días	1 día	2 días	3 días	0 días	1 día	2 días	3 días
Promedio	301.54	320.11	348.29	351.24	275.31	280.82	344.53	345.80
Desv. Est.	3.92	3.77	4.39	2.20	4.36	6.94	3.07	2.69
CV (%)	1.30	1.18	1.26	0.63	1.58	2.47	0.89	0.78

Donde: R1, R2, R3, R4, son repeticiones; Desv Est, desviación estándar; CV, coeficiente de variabilidad; mg AGE/100 g: mili gramos equivalente de ácido gálico en 100 g de muestra

Asimismo, se puede visualizar gráficamente en la Figura (13) el incremento del contenido de polifenoles totales de 0, 1, 2 y 3 días de germinación para la variedad Oscar blanco y centenario

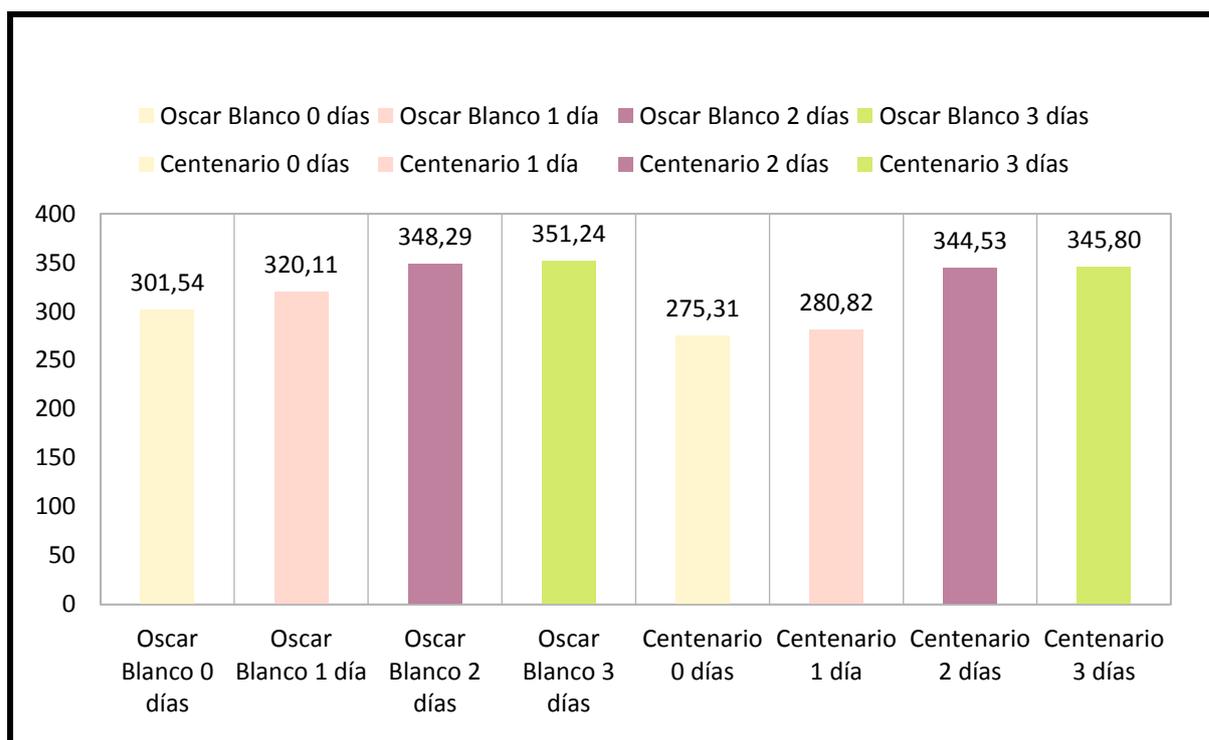


Figura 13 — Cantidad de polifenoles totales (mg AGE/100 g) por variedad de kiwicha y tiempo de germinación

La Tabla (9) muestra el Análisis de varianza (ANOVA) de los promedios de Cantidad de polifenoles totales (mg AGE/100 g) entre variedad de kiwicha y tiempo de germinación, realizada para la evaluación del efecto del tiempo de germinación en el contenido de polifenoles totales en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus Caudatus*), en la que se observa que entre las Variedades de Kiwicha el p-valor es $3.3e-12$ menor a 0.05 por lo tanto existe diferencia altamente significativa, luego entre el Tiempo de germinación el p-valor es $< 2e-16$ menor a 0.05 por lo tanto también existe diferencia altamente significativa entre los promedios de tiempo de germinación, y finalmente en la interacción Variedad Kiwicha:Tiempo germinación el p-valor es $< 6.9e-09$ menor a 0.05 por lo tanto existe diferencia altamente significativa.



Tabla 9 — Análisis de varianza (ANOVA) de los promedios de Cantidad de polifenoles totales (mg AGE/100 g) entre variedad de kiwicha y tiempo de germinación.

Origen de variación	GL	SC	CM	Fc	p-Valor	Sig.
Variedad_Kiwicha	1	2791	2791	162.4	3.6e-12	***
Tiempo_germinación	3	23085	7695	447.7	< 2e-16	***
Variedad_Kiwicha:Tiempo_germinación	3	1759	586	34.1	8.1e-09	***
Residuals	24	413	17			
Total						

La Tabla (10) muestra la comparación múltiple de Tukey entre los promedios de Cantidad de polifenoles totales (mg AGE/100 g) de la variedad de kiwicha y tiempo de germinación, realizada para la evaluación del efecto del tiempo de germinación en el contenido de polifenoles totales en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus Caudatus*), en la que se observa que la variedad Oscar Blanco tiene estadísticamente mayor Cantidad de fenoles (330 mg AGE/100 g) pues pertenece al grupo a, seguido por la variedad Centenario (312 mg AGE/100 g) que pertenece al grupo b.

Tabla 10 — Comparación múltiple de Tukey de los promedios de Cantidad de polifenoles totales (mg AGE/100 g) de variedad de kiwicha

Variedad de Kiwicha	Promedio	Grupo
Oscar Blanco	330	A
Centenario	312	B

La Tabla (11) muestra la comparación múltiple de Tukey entre los promedios de Cantidad de polifenoles totales (mg AGE/100 g) de la variedad de kiwicha y tiempo de germinación, realizada para la evaluación del efecto del tiempo de germinación en el contenido de polifenoles totales en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus Caudatus*), en la que se observa que el tiempo de germinación a los 2 y 3 días tiene estadísticamente mayor Cantidad de polifenoles (mg AGE/100 g) pues pertenecen al grupo (a), al igual que el tiempo de germinación a los 1 día que pertenece al grupo b, y finalmente la muestra testigo es decir al 0 días de germinación que pertenece al grupo (c).

Tabla 11— Comparación múltiple de Tukey de los promedios de Cantidad de polifenoles (mg AGE/100 g) de tiempo de germinación

Tiempos de germinación	Promedio	Grupo
3 días	349	a
2 días	346	a
1 día	300	b
0 días	288	c

La Tabla (12) muestra la comparación múltiple de Tukey entre los promedios de la Cantidad de fenoles (mg AGE/100 g) de la interacción variedad de kiwicha y tiempo de germinación, realizada para la evaluación del efecto del tiempo de germinación en el contenido de polifenoles totales en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus Caudatus*), en ella se observa que la interacción Oscar Blanco:3 días, Oscar Blanco:2 días, Centenario:3 días y Centenario:2 días tienen estadísticamente mayor Cantidad de polifenoles (mg AGE/100 g) puesto que pertenecen al mismo grupo a, seguido por la interacción Oscar Blanco:1 día que pertenece al grupo b, luego la interacción Oscar Blanco:0 días que pertenece al grupo c y finalmente Centenario:1 día y Centenario:0 días que pertenece al grupo d.

Tabla 12— Comparación múltiple de Tukey de los promedios de Cantidad de fenoles (mg AGE/100 g) de variedad de kiwicha y tiempo de germinación

	Promedio	Grupo
Oscar Blanco:3 días	351	A
Oscar Blanco:2 días	348	A
Centenario:3 días	346	A
Centenario:2 días	345	A
Oscar Blanco:1 día	320	B
Oscar Blanco:0 días	302	C
Centenario:1 día	281	D
Centenario:0 días	275	D

5.1.2 Actividad Antioxidante

Los resultados de la actividad antioxidante de los granos de kiwicha germinados se muestran en la Tabla 13, en ella se aprecia que la variedad Oscar Blanco, reporto valores de 99.38 ± 0.47 mg TE/100 g para las muestras sin germinar, mientras que para el día 1 de germinación se reportó 97.82 ± 0.09 mg TE/100 g, mientras que para el día 2 se encontró valores alrededor de 97.59 ± 0.08 mg TE/100 g, y para el día 3 fue 98.06 ± 0.08 mg TE/100 g, del mismo modo para la variedad centenario se reportó valores de 94.84 ± 0.11 mg TE/100 g para las muestras sin germinar, mientras que para el día 1 de germinación se reportó 98.42 ± 0.05 mg TE/100 g, mientras que para el día 2 se encontró valores alrededor de 98.38 ± 0.07 mg TE/100 g, y para el día 3 fue 98.46 ± 0.07 mg TE/100 g, es así que se observó incrementos significativos de la actividad antioxidante durante los días de germinación para cada variedad (p-value < 0.05).

Tabla 13 — Actividad antioxidante (mg TE/100 g) por variedad de kiwicha y tiempo de germinación

	Oscar Blanco				Centenario			
	0 días	1 día	2 días	3 días	0 días	1 día	2 días	3 días
Promedio	97.38	97.82	97.59	98.06	94.84	98.42	98.38	98.46
Desv. Est.	0.47	0.09	0.08	0.08	0.11	0.05	0.07	0.07
CV (%)	0.49	0.09	0.08	0.08	0.12	0.05	0.07	0.07

Donde: R1, R2, R3, R4, son repeticiones; Desv Est, desviación estándar; CV, coeficiente de variabilidad; mgAGE/100g, equivalente de ácido gálico en 100g de muestra

La Figura (14), muestra los datos observados en laboratorio de la Actividad antioxidante (mg TE/100 g) por variedad de kiwicha y tiempo de germinación, realizada para la evaluación del efecto del tiempo de germinación en la actividad antioxidante en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus Caudatus*), en la que se observa que el promedio de la Actividad antioxidante (mg TE/100g) entre la interacción de la variedad Oscar Blanco y 0 días es 97.38 mg TE/100 g, entre Oscar Blanco y 1 día es 97.82 mg TE/100 g, entre Oscar Blanco y 2 días es 97.59 mg TE/100 g, entre Oscar Blanco y 3 días es 98.06 mg TE/100 g, luego el promedio de la Actividad antioxidante (mg TE/100g) entre la interacción de la variedad centenario

y 0 días es 94.84 mg TE/100g, entre Centenario y 1 día es 98.42 mg TE/100 g, entre 2 días es 98.38 mg TE/100 g, entre 3 días es 98.46 mg TE/100 g de muestra.

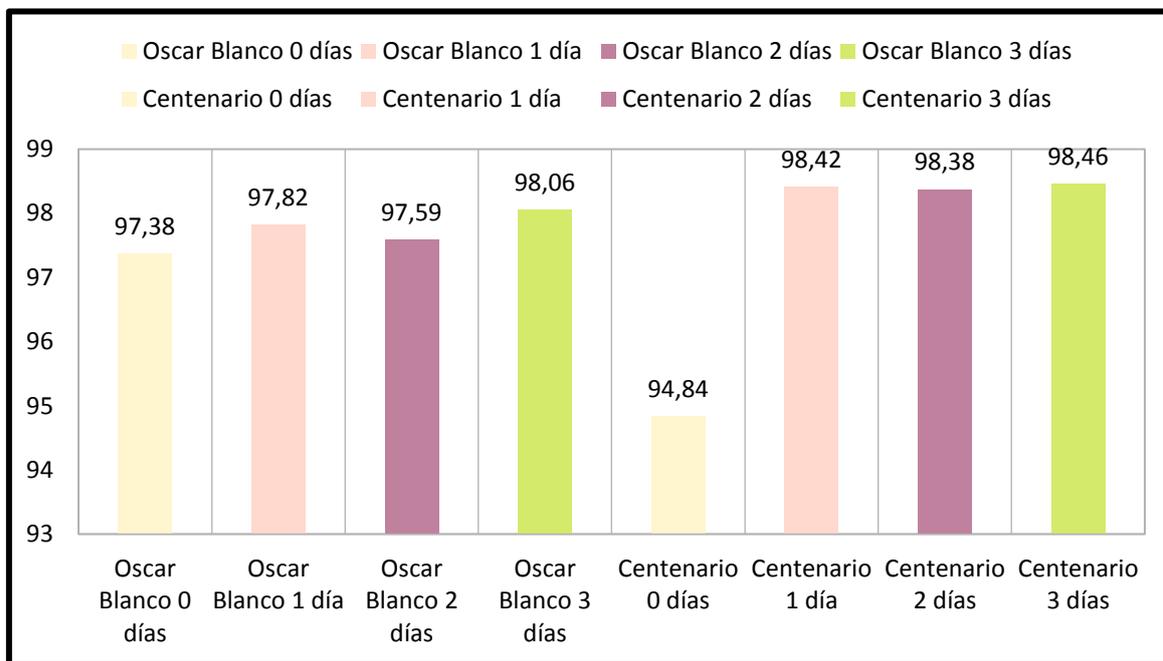


Figura 14 — Actividad antioxidante (mg TE/100 g) por variedad de kiwicha y tiempo de germinación

La Tabla (14) muestra el Análisis de varianza (ANOVA) de los promedios de la Actividad antioxidante (mg TE/100 g) entre variedad de kiwicha y tiempo de germinación, realizada para la evaluación del efecto del tiempo de germinación en la actividad antioxidante en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus Caudatus*), en la que se observa que entre las Variedad de Kiwicha el p-valor es 0.0084 menor a 0.05 por lo tanto existe diferencia altamente significativa, luego entre el Tiempo de germinación el p-valor es $< 2e-16$ menor a 0.05 por lo tanto también existe diferencia altamente significativa entre los promedios de tiempo de germinación, y finalmente en la interacción Variedad_Kiwicha: Tiempo_germinación el p-valor es $1.4e-16$ menor a 0.05 por lo tanto existe diferencia altamente significativa.



Tabla 14 — Análisis de varianza (ANOVA) de los promedios de la Actividad antioxidante (mgTE/100g) entre variedad de kiwicha y tiempo de germinación

Origen de variación	GL	SC	CM	Fc	p-Valor	Sig.
Variedad_Kiwicha	1	0.28	0.28	8.25	0.0084	**
Tiempo_germinación	3	24.71	8.24	243.85	< 2e-16	***
Variedad_Kiwicha:Tiempo_germinación	3	14.91	4.97	147.14	1.4e-16	***
Residuals	24	0.81	0.03			
Total						

La Tabla (15) muestra la comparación múltiple de Tukey entre los promedios de la Actividad antioxidante (mg TE/100 g) de la variedad de kiwicha y tiempo de germinación, realizada para la evaluación del efecto del tiempo de germinación en la actividad antioxidante en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus*), en la que se observa que la variedad Oscar blanco tiene estadísticamente mayor Actividad antioxidante (mg TE/100g) pues pertenece al grupo a seguido por la variedad Centenario que pertenece al grupo b.

Tabla 15 — Comparación múltiple de Tukey de los promedios de la Actividad antioxidante (mgTE/100g) de variedad de kiwicha

Variedad de Kiwicha	Promedio	Grupo
Oscar Blanco	98	a
Centenario	97	b

La Tabla (16) muestra la comparación múltiple de Tukey entre los promedios de la Actividad antioxidante (mg TE/100 g) de la variedad de kiwicha y tiempo de germinación, realizada para la evaluación del efecto del tiempo de germinación en el contenido de actividad antioxidante en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus*), en la que se observa que el tiempo de germinación a los 3 días tiene estadísticamente mayor actividad antioxidante (98 mg TE/100g) pues pertenece al grupo a, al igual que el tiempo de germinación a los 2 días (98 mg TE/100 g), seguido por el tiempo de germinación a 1 día que pertenece al grupo b y finalmente la muestra testigo es decir al 0 días de germinación (96 mg TE/100g) que pertenece al grupo c.

Tabla 16 — Comparación múltiple de Tukey de los promedios de actividad antioxidante (mg TE/100 g) de tiempo de germinación

Tiempos de germinación	Promedio	Grupo
3 días	98	A
2 días	98	Ab
1 día	98	B
0 días	96	C

La Tabla (17) muestra la comparación múltiple de Tukey entre los promedios de la Actividad antioxidante (mg TE/100 g) de la interacción variedad de kiwicha y tiempo de germinación, realizada para la evaluación del efecto del tiempo de germinación en la actividad antioxidante en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus Caudatus*), en ella se observa que la interacción Oscar Blanco:3 días tiene estadísticamente mayor Actividad antioxidante (mg TE/100 g) puesto que pertenece al grupo a, seguido por la interacción Oscar Blanco:2 días y Centenario:3 días que pertenecen al mismo grupo ab, luego la interacción Centenario:2 días pertenece al grupo bc, luego la interacción Oscar Blanco:1 día pertenece al grupo cd, luego Oscar Blanco: 0 días pertenece al grupo de, y finalmente Centenario:1 día, Centenario:0 días pertenece al grupo e y f respectivamente.

Tabla 17 — Comparación múltiple de Tukey de los promedios de la Actividad antioxidante (mgTE/100g) de variedad de kiwicha y tiempo de germinación

Variedad: Tiempos de germinación	Promedio	Grupo
Oscar Blanco:3 días	98	a
Oscar Blanco:2 días	98	ab
Centenario:3 días	98	ab
Centenario:2 días	98	bc
Oscar Blanco:1 día	98	cd
Oscar Blanco:0 días	98	de
Centenario:1 día	97	e
Centenario:0 días	95	f

5.1.3 Proteínas

Los resultados del contenido de proteínas se muestran en la Tabla 18, se observa que el contenido proteico para la variedad Oscar Blanco, vario de 13.10 a 14.95% durante los días de germinación, incrementándose significativamente hasta 14.09% al día 3 de germinación ($p\text{-value} < 0.05$). Mientras que para la variedad Centenario se incrementó de 13.13 a 14.08%, representando el 7.24% al tercer día de germinación, aunque para los días 2 y 3 no se observó incremento significativo, tal como se evidencia en la Tabla 18.

Tabla 18 — Contenido de proteínas (%) por variedad de kiwicha y tiempo de germinación

	Oscar Blanco				Centenario			
	0 días	1 día	2 días	3 días	0 días	1 día	2 días	3 días
Promedio	13.10	13.57	14.30	14.95	13.13	13.56	13.94	14.08
Desv. Est.	0.17	0.23	0.21	0.14	0.17	0.22	0.15	0.07
CV (%)	1.26	1.71	1.48	0.93	1.31	1.64	1.10	0.51

La Tabla (18) muestra los datos observados en laboratorio de Cantidad de Contenido de proteínas (%) por variedad de kiwicha y tiempo de germinación, realizada para la evaluación del efecto del tiempo de germinación en el contenido de proteínas en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus Caudatus*), en la que se observa que el promedio de la Proteína (%) entre la interacción de la variedad Oscar Blanco y 0 días es 13.10%, entre Oscar Blanco y 1 día es 13.57%, entre Oscar Blanco y 2 días es 14.30%, entre Oscar Blanco y 3 días es 14.95%, luego el promedio de la Proteína (%) entre la interacción de la variedad centenario y 0 días es 13.12%, entre Centenario y 1 día es 13.56%, entre 2 días es 13.94%, entre 3 días es 14.08%, información que se puede visualizar gráficamente en la figura (15).

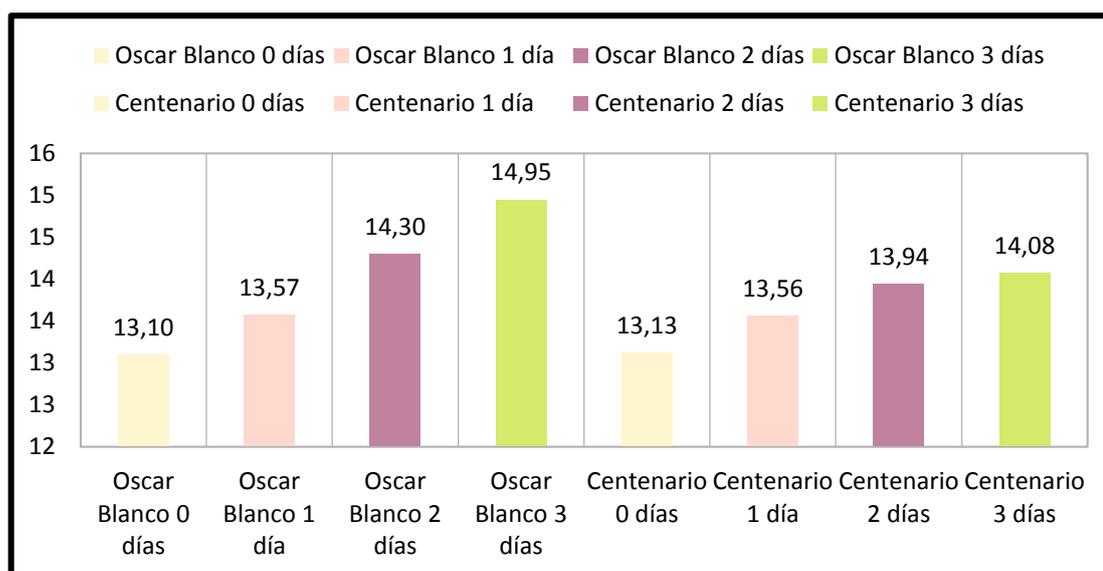


Figura 15 — Contenido de proteínas (%) por variedad de kiwicha y tiempo de germinación

La Tabla (19) muestra el Análisis de varianza (ANOVA) de los promedios de Contenido de proteínas (%) entre variedad de kiwicha y tiempo de germinación, realizada para la evaluación del efecto del tiempo de germinación en el contenido de proteínas en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus*), en la que se observa que entre las Variedad de Kiwicha el p-valor es 6.3e-05 menor a 0.05 por lo tanto existe diferencia altamente significativa, luego entre el Tiempo de germinación el p-valor es 1.8e-13 menor a 0.05 por lo tanto también existe diferencia altamente significativa entre los promedios de tiempo de germinación, y finalmente en la interacción Variedad_Kiwicha:Tiempo_germinación el p-valor es 1e-04 menor a 0.05 por lo tanto existe diferencia altamente significativa.

Tabla 19 — Análisis de varianza (ANOVA) de los promedios de Contenido de proteínas (%) entre variedad de kiwicha y tiempo de germinación

Origen de variación	GL	SC	CM	Fc	p-Valor	Sig.
Variedad_Kiwicha	1	0.74	0.742	23.4	6.3e-05	***
Tiempo_germinación	3	9.06	3.020	95.3	1.8e-13	***
Variedad_Kiwicha:Tiempo_germinación	3	1.04	0.346	10.9	1e-04	***
Residuals	24	0.76	0.032			
Total						



La tabla (20) muestra la comparación múltiple de Tukey entre los promedios de Contenido de proteínas (%) de la variedad de kiwicha y tiempo de germinación, realizada para la evaluación del efecto del tiempo de germinación en el contenido de proteínas en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus Caudatus*), en la que se observa que la variedad Oscar Blanco tiene estadísticamente mayor Contenido de proteínas (%) pues pertenece al grupo a, seguido por la variedad Centenario que pertenece al grupo b.

Tabla 20 — Comparación múltiple de Tukey de los promedios de Contenido de proteínas (%) de variedad de kiwicha

Variedad de Kiwicha	Promedio	Grupo
Oscar Blanco	14.	a
Centenario	14.	b

La Tabla (21) muestra la comparación múltiple de Tukey entre los promedios de Contenido de proteínas (%) de la variedad de kiwicha y tiempo de germinación, realizada para la evaluación del efecto del tiempo de germinación en el contenido de proteínas en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus*), en la que se observa que el tiempo de germinación a los 3 días tiene estadísticamente mayor Cantidad de Contenido de proteínas (%) pues pertenece al grupo a, luego el tiempo de germinación a los 2 días que pertenece al grupo b, seguido por el tiempo de germinación a 1 día que pertenece al grupo c y finalmente la muestra testigo es decir al 0 días de germinación pertenece al grupo d.

Tabla 21— Comparación múltiple de Tukey de los promedios de Contenido de proteínas (%) de tiempo de germinación

Tiempos de germinación	Promedio	Grupo
3 días	15	a
2 días	14	b
1 día	14	c
0 días	13	d

La Tabla (22) muestra la comparación múltiple de Tukey entre los promedios del Contenido de proteínas (%) de la interacción variedad de kiwicha y tiempo de

germinación, realizada para la evaluación del efecto del tiempo de germinación en el contenido de proteínas en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus Caudatus*), en ella se observa que la interacción Oscar Blanco:3 días tienen estadísticamente mayor Contenido de proteínas (%) puesto que pertenecen al mismo grupo a, luego Oscar Blanco: 2 días, Centenario:3 días y Centenario:2 días pertenecen al mismo grupo, seguido por la interacción Oscar Blanco:1 día y Centenario:1 día que pertenece al grupo cd, y finalmente Centenario:0 días y Oscar Blanco:0 días que pertenece al grupo d.

Tabla 22 — Comparación múltiple de Tukey de los promedios de Contenido de proteínas (%) de variedad de kiwicha y tiempo de germinación

Variedad: Tiempos de germinación	Promedio	Grupo
Oscar Blanco:3 días	15	a
Oscar Blanco:2 días	14	b
Centenario:3 días	14	b
Centenario:2 días	14	bc
Oscar Blanco:1 día	14	cd
Centenario:1 día	14	cd
Centenario:0 días	13	d
Oscar Blanco:0 días	13	d

5.2 Contrastación de hipótesis

5.2.1 Polifenoles totales

Las hipótesis planteadas para determinar el contenido de polifenoles totales en el presente trabajo de investigación se muestran a continuación:

Hipótesis de investigación: El tiempo durante el proceso de germinación permite incrementar el contenido de los polifenoles totales en los granos de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) de las variedades Oscar Blanco y Centenario.

a) Hipótesis nula y alterna

H₀: Las medias del contenido de polifenoles totales en kiwicha germinadas a diferentes tiempos y de dos variedades (Oscar Blanco y Centenario) son iguales ($\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$).

Ha: Al menos una media del contenido de polifenoles totales en kiwicha, germinadas a diferentes tiempos y de dos variedades (Oscar Blanco y Centenario) son diferentes ($\mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_k$).

b) Para:

Nivel de confianza de 95 %

Nivel de significancia valor $p < 0.05$.

c) Regla de decisión

Si $p > 0.05$: No existe diferencia significativa entre medias del contenido polifenoles totales de dos variedades de kiwicha y sometidos a diferentes tiempos de germinación, aceptándose la hipótesis nula y en caso contrario se acepta la hipótesis alterna.

- Con respecto al contenido de polifenoles totales de variedades Oscar Blanco y Centenario, de acuerdo al análisis de varianza en la tabla 23, existe diferencia significativa entre “variedades”, indicado por el p valor = 0.000; se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.
- Del mismo modo, la influencia del “tiempo de germinación” en el contenido de polifenoles totales en ambas variedades de kiwicha germinada muestra que existe diferencias significativas de acuerdo al análisis de varianza en la tabla 23 con un valor $p = 0.000$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.
- Asimismo, la interacción “Variedad” y “tiempo de germinación”, en el contenido de polifenoles totales de kiwicha germinada de las variedades (Oscar Blanco y Centenario), influyen significativamente de acuerdo al análisis de varianza en la tabla 23 con un valor $p = 0.000$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Tabla 23 — Análisis de varianza de polifenoles totales para contrastación de hipótesis

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VARIEDAD	1	2790.9	2790.90	34.70	0.000
DIA	3	23085.3	7695.10	95.67	0.000
Error	27	2171.6	80.43		
Falta de ajuste	3	1759.1	586.35	34.11	0.000
Error puro	24	412.6	17.19		
Total	31	28047.8			

5.2.2 Actividad antioxidante

Las hipótesis planteadas para determinar la actividad antioxidante en el presente trabajo de investigación se muestran a continuación:

Hipótesis de investigación: El tiempo durante el proceso de germinación permite incrementar la actividad antioxidante en los granos de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) de las variedades Oscar Blanco y Centenario.

a) Hipótesis nula y alterna

Ho: Las medias de la actividad antioxidante en kiwicha germinadas a diferentes tiempos y de dos variedades (Oscar Blanco y Centenario) son iguales ($\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$).

Ha: Al menos una media de la actividad antioxidante en kiwicha, germinadas a diferentes tiempos y de dos variedades (Oscar Blanco y Centenario) son diferentes ($\mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_k$).

b) Para:

Nivel de confianza de 95 %

Nivel de significancia valor $p < 0.05$.

c) Regla de decisión

Si $p > 0.05$: No existe diferencia significativa entre medias de la actividad antioxidante de dos variedades de kiwicha y sometidos a diferentes tiempos de germinación, aceptándose la hipótesis nula y en caso contrario se aceptando la hipótesis alterna.

- Con respecto a la actividad antioxidante de kiwicha de variedades Oscar Blanco y Centenario, de acuerdo al análisis de varianza en la tabla 24, existe diferencia significativa entre “variedades”, indicado por el p valor = 0.495; se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.
- Del mismo modo, la influencia del “tiempo de germinación” en la actividad antioxidante en ambas variedades de kiwicha germinada muestra que existe diferencias significativas de acuerdo al análisis de varianza en la tabla 24 con un valor p = 0.000, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.
- Asimismo, la interacción “Variedad” y “tiempo de germinación” en el contenido de polifenoles totales de kiwicha germinada de las variedades (Oscar Blanco y Centenario), influyen significativamente de acuerdo al análisis de varianza en la tabla 24 con un valor p = 0.000, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Tabla 24 — Análisis de varianza de actividad antioxidante para contrastación de hipótesis

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Variedad	1	0.003372	0.003372	0.57	0.495
tiempo germinación	3	0.252993	0.084331	14.20	0.000
Error	27	0.160350	0.005939		
Falta de ajuste	3	0.152094	0.050698	147.37	0.000
Error puro	24	0.008256	0.000344		
Total	31	0.416714			

5.2.3 Contenido proteico

Las hipótesis planteadas para determinar el contenido proteico en el presente trabajo de investigación se muestran a continuación:

Hipótesis de investigación: El tiempo durante el proceso de germinación permite incrementar la el contenido proteico en los granos de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) de las variedades Oscar Blanco y Centenario.

a) Hipótesis nula y alterna

H₀: Las medias del contenido proteico en kiwicha germinadas a diferentes tiempos y de dos variedades (Oscar Blanco y Centenario) son iguales ($\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$).

H_a: Al menos una media del contenido proteico en kiwicha, germinadas a diferentes tiempos y de dos variedades (Oscar Blanco y Centenario) son diferentes ($\mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_k$).

b) Para:

Nivel de confianza de 95 %

Nivel de significancia valor $p < 0.05$.

c) Regla de decisión

Si $p > 0.05$: No existe diferencia significativa entre medias del contenido proteico de dos variedades de kiwicha y sometidos a diferentes tiempos de germinación, aceptándose la hipótesis nula y en caso contrario se aceptando la hipótesis alterna.

- Con respecto al contenido proteico de kiwicha de variedades Oscar Blanco y Centenario, de acuerdo al análisis de varianza en la tabla 25, existe diferencia significativa entre “variedades”, indicado por el p valor = 0.495; se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.
- Del mismo modo, la influencia del “tiempo de germinación” en el contenido proteico en ambas variedades de kiwicha germinada muestra que existe diferencias significativas de acuerdo al análisis de varianza en la tabla 25 con un valor $p = 0.000$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.
- Asimismo, la interacción “Variedad” y “tiempo de germinación”, en el contenido proteicos de kiwicha germinada de las variedades (Oscar Blanco y Centenario), influyen significativamente de acuerdo al análisis de varianza en la tabla 25 con un valor $p = 0.000$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Tabla 25 — Análisis de varianza de contenido proteico

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Variedad	1	0.7414	0.74140	11.13	0.002
tiempo de germinación	3	9.0614	3.02046	45.33	0.000
Error	27	1.7991	0.06663		
Falta de ajuste	3	1.0388	0.34627	10.93	0.000
Error puro	24	0.7603	0.03168		
Total	31	11.6019			

5.3 Discusión de resultados

5.3.1 Polifenoles totales

El contenido de polifenoles totales en kiwicha (*Amaranthus caudatus*) después de germinar durante 24 horas, 48 horas, 72 horas incremento considerablemente en 320.11 mg AGE/100 g, 348.29 mg AGE/100 g y 351.24 mg AGE/100 g respectivamente; respecto a 310.54 mg AGE/100 g de kiwicha sin germinar para la variedad oscar blanco. Mientras que para la variedad centenario el contenido de polifenoles totales en kiwicha (*Amaranthus caudatus*) después de germinar durante 24 horas, 48 horas, 72 horas incrementó considerablemente en 280.82 mg AGE/100 g, 344.53 mg AGE/100 g, 345.80 mg AGE/100 g respectivamente; respecto a 275.31 mg AGE/100g de kiwicha sin germinar. De la Riva (2010), realizo estudio el contenido de polifenoles de quinua cruda y procesada variedad Salcedo INIA, en quinua escarificada fueron 70.03 mg. ácido gálico/100 g ms, en quinua cocida fue 47.24 mg. ácido gálico/100 g ms, y quinua tostada – cocida fue 53.31 mg. ácido gálico/100 g ms. Por otro lado, AGUILAR, (2017) obtuvo 59.87 mg Eq AGE/g en quinua blanca, 80.42 mg Eq AGE/g en quinua negra y 97.49 mg Eq AGE/g en quinua roja, datos que son bajos en comparación de nuestros resultados. Asimismo, VIÑAS, A, (2017), observo que los polifenoles se encontraron entre 54.19 a 438.54 mg GAE/100g para extracto no hidrolizado, en medio ácido y medio básico. Del mismo modo TANG et al (2015) reportan que las variedades Pasankalla y Collana poseen altas concentraciones de polifenoles y capacidad antioxidante comparados con la variedad blanca, cuando en nuestra investigación se observa de manera contraria. Para el caso

del Maíz blanco y morado, 130.14 y 373.19 mg Eq AG/100 g respectivamente. Asimismo, ZHANG (2015), reporta aumento significativo de los compuestos fenólicos en el trigo sarraceno conforme el tiempo de germinado se prolonga (de 3.03 mg AGE/g m.s en el control a 8,42 mg AGE/g m.s después de la germinación durante 72h). De la misma manera, QUISPE, (2016) Menciona respecto al contenido de compuestos fenólicos del grano de quinua orgánica Salcedo INIA fue 67.46 mg. ácido gálico/100 g mientras que de la Pasankalla 76.43 mg. ácido gálico/100 g, por otra parte de la harina extruida de quinua orgánica Salcedo INIA fue 83.52 mg ácido gálico/100 g mientras que de la Pasankalla 96.60 mg. ácido gálico/100 g en ambos casos y para las dos variedades la quinua orgánica contiene mayor contenido de compuestos fenólicos que la quinua convencional; Este incremento del contenido fenólico se debe a la mayor actividad de PAL(fenilalanina amonialiasa), una enzima importante y limitante de la velocidad para la biosíntesis de flavonoides y ácidos fenólicos durante la germinación, KONG et al(2007). En el proceso de crecimiento la fenilalanina se transforma en ácido cinámico bajo la catálisis de la fenilalanina amonialiasa (PAL) y entonces muchos de los componentes fenólicos como pag-cumárico, ferúlico y el ácido cafeico se sintetizan. Estos fenoles pueden traducirse en flavonoides, taninos, ligninas y otros compuestos. Por tanto, el contenido fenólico será directamente proporcional al comportamiento de la enzima PAL. El otro comportamiento observado con respecto a los incrementos parciales y de pronto una reducción de los polifenoles totales, GAN et al, (2017), señala que, durante la etapa inicial del germinado, existe una degradación de las proteínas y carbohidratos a aminoácidos libres y azúcares simples respectivamente, y junto a estos procesos, también la liberación de los compuestos fenólicos unidos a la pared celular. Conforme transcurre el proceso de germinado, se proliferan nuevas células vegetales con nuevas paredes celulares y consecuentemente la síntesis de los compuestos fenólicos solubles y su unión en la pared celular; es decir, procesos dinámicos de liberación y conjugación de fenoles. A la mejora de los compuestos fenólicos totales se atribuyen numerosas actividades biológicas, tales como ser factores de prevención y de protección frente a diversas enfermedades, así como presentar un importante carácter antioxidante debido a su capacidad de captación de radicales libres, por lo



que se consideran beneficiosos para el mantenimiento y recuperación de un estado saludable (VILLEGAS et al., 2008).

5.3.2 Actividad antioxidante

La actividad antioxidante en kiwicha (*Amaranthus caudatus*) sometido a germinación durante 24 horas, 48 horas, 72 horas se reportó en 97.82 mg TE/100g, 97.59 mg TE/100 g y 98.06 mg ET/100 g respectivamente; respecto a 96.67 mg AGE/100 g de kiwicha testigo o sin germinar para la variedad Oscar blanco. Mientras que para la variedad centenario la capacidad antioxidante en kiwicha (*Amaranthus caudatus*) después de someter a germinación durante 24 horas, 48 horas, 72 horas incremento en 98.84 mg ET/100 g, 98.38 mg ET/100 g y 98.46 mg ET/100 g, respecto a 94.84mg AGE/100g de kiwicha testigo o sin germinar para la variedad centenario. De acuerdo a la investigación de QUISPE (2015) la capacidad antioxidante del tarwi oscila entre 33.6 y 40.3 mg Eq Trolox CI50/100 g, la quinua de 63.47 a 116.67 mg Eq Trolox CI50/100 g. Del mismo DÍAZ (2016) la variedad quinua negra obtuvo 47.4mg TE/100 g m.s. dicha diferencia en granos se atribuye a factores como la genética de la semilla, desarrollos agro técnicos y las condiciones ambientales (YU, 2003). Asimismo QUISPE, 2016, menciona la capacidad antioxidante del grano de quinua orgánica Salcedo INIA fue 5.97 μ Mol Trolox eq/g ms, y la variedad Pasankalla 12.67 μ Mol Trolox eq./g ms. por otra parte de la harina extruida de quinua orgánica Salcedo INIA fue 11.79 μ Mol Trolox eq./g ms, y la variedad Pasankalla 24.51 μ Mol Trolox eq./g en ambos casos y para las dos variedades la quinua orgánica contiene mayor capacidad antioxidante que la quinua convencional. De acuerdo a los resultados obtenidos se da a conocer que los factores en estudio: tiempo de germinado y variedad de kiwicha incrementan los valores en capacidad antioxidante. En base a este criterio se observa que hay una mejora de la capacidad antioxidante DPPH cuando se germina en condiciones de oscuridad. Según LÓPEZ et al (2006) los días de germinación y la presencia de luz afectan a las leguminosas de manera distinta. Mientras que las lentejas, ya que tiene lugar un incremento de la actividad antioxidante en las muestras germinadas. Estos resultados sugieren la presencia de otros compuestos antioxidantes además de compuestos fenólicos como algunas vitaminas, ácido fítico y carotenoides en diferentes



concentraciones que pueden afectar la capacidad antioxidante de las muestras. El otro factor influyente es la presencia de enzimas polifenoloxidasas que incrementan la capacidad antioxidante de las leguminosas.

Los antioxidantes son conocidos por aportar beneficios a la salud, como reducción de riesgo de contraer enfermedades cardiovasculares y cáncer, al combatir el daño celular causado por los radicales libres (BOEKEL et al, 2010). De acuerdo con LIU et al., (2019) los compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante se encuentran relacionados proporcionalmente, es decir a menor cantidad de compuestos fenólicos una menor capacidad antioxidante.

En la variedad salcedo Inia, la aplicación del sanitizante (Ácido cítrico al 0.5%) sobre los germinados de quinua (*Chenopodium quinoa*. Willd.) provocó una baja de la actividad antioxidante en comparación a su testigo al transcurrir el tiempo, mostrando una mayor diferencia en el día 3 de evaluación con un valor de 1.021 uM Eq Trolox/g para el tratamiento (Ácido cítrico al 0.5%) y 8.689 uM Eq Trolox/ g para el testigo, caso similar se dio en brotes de alfalfa que fueron aplicados con diferentes sanitizantes (incluidos ácido láctico 17mg/L y ácido cítrico de 5000 a 10000 mg/L), que provocó una baja de la actividad antioxidante de todos los tratamientos, Este hecho podría deberse a las pérdidas de vitamina C y carotenoides durante la vida útil del producto. (SOTO D, 2011). La capacidad antioxidante en el testigo aumentó en el día 6, con un valor de 41.057 uM Eq Trolox/g, y en el tratamiento Ácido cítrico (0.5%) en el día 9, con un valor 25.796 uM Eq Trolox/g. La capacidad antioxidante en el día 12 de almacenamiento en el germinado de quinua tuvo unas disminuciones significativas comparadas con los tratamientos de las demás variedades. En la variedad Inia 415 Pasankalla, la aplicación del sanitizante (Ácido láctico al 0.4%) sobre los germinados de quinua (*Chenopodium quinoa*. Willd.) no provocó mayor diferencia en la actividad antioxidante a comparación con su testigo al transcurrir el tiempo. La capacidad antioxidante aumentó su valor en el día 12, para ambos tratamientos, presentando el testigo un valor de 73.184 uM Eq Trolox/g, y el tratamiento Ácido láctico (0.4%) un valor 78.438 uM Eq Trolox/g. SERNA et al., (2013) obtuvo 29 μmol equivalentes Trolox/g para maíz morado, y 17.5 μmol equivalentes Trolox/g para el maíz blanco, lo cual es bastante similar a comparación



con nuestros resultados. Se denomina antioxidantes a todos aquellos elementos que tienen como función eliminar del organismo los radicales libres que se producen como resultado de la oxidación celular inducida por el oxígeno activo, siendo la causa principal del aumento de la incidencia de enfermedades en los seres vivos.

5.3.3 Proteínas

El contenido de proteínas (%) entre la interacción de la variedad Oscar Blanco y 0 días es 13.10%, entre Oscar Blanco y 1 día es 13.57%, entre Oscar Blanco y 2 días es 14.30%, entre Oscar Blanco y 3 días es 14.95%, asimismo entre la interacción de la variedad centenario y 0 días es 13.12%, entre Centenario y 1 día es 13.56%, entre 2 días es 13.94%, entre 3 días es 14.08%. BANCHUEN, J. et al. En el estudio titulado “efecto de los procesos de germinación sobre el componente bioactivo de Arroz Sangyod Muang Phatthalung” reportó $8.93 \pm 0.04\%$ y $9.20 \pm 0.04\%$ de proteínas en germinado en arroz integrado y arroz moreno respectivamente. Por otra parte, CHOQUE-QUISPE, D. et al en su trabajo denominado “Compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y contenido proteico de tres variedades de quinua germinada (*Chenopodium quinoa Willd*)” reportó los contenidos proteicos de los granos de quinua no germinados estuvieron entre 13,73% siendo Negra collana la variedad que reportó mayor contenido $15,61 \pm 0,23\%$. Asimismo, se observó que Salcedo INIA reportó el mayor aumento en el contenido de proteínas, de 13,73% a 14,75% en 24 horas y aumentó a 15,18% en 48 horas.

Durante el proceso de germinación, se activan los sistemas enzimáticos, movilizando proteínas de reserva localizadas en los cotiledones del grano de kiwicha. De la misma manera, los cambios en la composición de aminoácidos ocurren debido a la actividad enzimática (GANET al., 2016; TELEVICIUTE et al., 2020), que permite la producción de péptidos de peso molecular intermedio debido a la actividad biológica (TORRES, COVA y VALERA et al., 2018; BANCHUEN et al., 2009). Esto también sucede con la movilización del nitrógeno almacenado en el grano de quinua, lo que permite un aumento significativo de la proteína, como lo observaron EL-SAFY, MUKHTAR y SALEM (2013), GRAF et al. (2014) y LI, et al. (2014). Sin embargo, esto depende de la humedad y la temperatura del ambiente. Asimismo, QUISPE



(2015) en su estudio de diez genotipos de Tarwi, reporta valores entre 35.8% a 45.5%, en el que resalta la variedad Yunguyo, al igual que en nuestra investigación, y el porcentaje de proteína de Tarwi Allqamari supera al resultado obtenido por TAPIA (2015), que reporta en su trabajo 44.3% de proteína en Tarwi y La Tabla Peruana de composición de alimentos (2017) reporta un contenido de 49.6 g/100g en harina de chocho. Las diferencias pueden ser, por una característica propia de la leguminosa, la gran capacidad de adaptación y por lo tanto, absorción de nitrógeno (ORTEGA et al, 2010), por la variedad estudiada, la procedencia, además, durante los últimos años, muchos de los genotipos del lupino fueron modificados genéticamente ARAUCO (2011).



CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- El contenido de polifenoles totales en la variedad Oscar Blanco fue mayor en tres días de germinación ($p < 0,05$) seguidos en el orden; 2 días $>$ 1 día $>$ 0 días de germinación. Mientras para la variedad centenario fue mayor en 2 y 3 días de germinación ($p < 0,05$) seguidos en el orden; 1 días $>$ 0 días de germinación; cabe mencionar que las condiciones de germinado generaron incremento en el contenido de polifenoles totales en la kiwicha, de cero a tres días de germinación.
- El proceso de germinación mejora, la actividad antioxidante en kiwicha germinada. Se incrementó significativamente ($p\text{-value} < 0.05$), en la variedad Oscar Blanco 97.38 a 98.06 mg TE/100 g de muestra; mientras 33.10 a 88.17 mg TE/100 g de muestra, en la variedad centenario. mientras que la interacción Oscar Blanco:3 días, Oscar Blanco:2 días, tienen estadísticamente mayor Actividad antioxidante (mg TE/100 g de cero a tres días de germinación).
- La investigación permitió identificar el incremento significativo de proteínas en el germinado de kiwicha con valor $p\text{-value} < 0.05$ de 13.10 a 14.95 % para la variedad Oscar Blanco, mientras que para la variedad Centenario reporto incremento de proteínas totales de 13.13 a 14.08%. De cero a tres días de germinación, cabe mencionar que el factor tiempo durante el proceso de germinación de las semillas de kiwicha influyo en el incremento proteico.

6.2 Recomendaciones y Sugerencias

- Se recomienda promocionar el uso de productos germinados y su incorporación en dietas alimentarias.
- Se sugiere evaluar el comportamiento nutricional de los germinados de diferentes variedades de kiwicha sometidos a diferentes procesos de transformación.
- Se sugiere un tiempo máximo de germinación de 2 días, para no generar gasto energético ni de tiempo; ya que en 2 y 3 días sigue el mismo comportamiento; en polifenoles y capacidad antioxidante y proteínas.
- Realizar estudios sobre kiwicha germinado y su inclusión en diferentes productos como mejoradores nutricionales en la industria alimentaria, en formulaciones de alimentos para niños, adultos y adultos mayores.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABUGOCH, L.E. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional and Functional Properties. *Advances in Food and Nutrition Research* [en línea]. 2009, 58(1), 1-31 [consulta: el 14/10/2021]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1).

AGUILAR, J. C. Componentes bioactivos y valor nutricional de tres variedades de harina de quinua malteada (*Chenopodium quinoa* willd). Tesis de ingeniero agroindustrial, 2017, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Peru.

AGUILERA-OTÍZ, M.; REZA-VARGAS, MC.; CHEW-MADINAVEITA, R. G. y MEZA-VELÁZQUEZ, J. A. Propiedades funcionales de las antocianinas. *BIOtecnia* [en línea]. Agosto de 2011, 13 (2), 16. ISSN 1665-1456. [consultado el 20/08/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.18633/bt.v13i2.81>

ALCAZAR, Jorge, 2002. *Diccionario técnico de industrias alimentarias*. 2ª ed. Cusco, Peru: Alcázar del Castillo, Jorge . ISBN13 978-9972-9639-0-2, ISBN10 9972-9639-0-X

ALVAREZ-JUBETE, L. WIJNGAARD, H. ARENDT, E. K. y GALLAGHER, E. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chemistry* [En línea]. marzo 2010, 119(2), 770–778. [consultado el 15/07/2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.032>.

APAZA, Vidal, et al. Catalogo de variedades comerciales de quinua en el peru. Ministerio de agricultura y riesgo Instituto nacional de innovacion agraria Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [En línea]. Octubre 2013. [consultado el 20/03/2022]. Disponible en: <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/76>

AZCÓN y TALÓN. Fundamentos de fisiología vegetal. Act. 1993, 2ª ed. 450 p. Barcelona: McGraw-Hill Interamericana

BANCHUEN, J. et al. Effect of germinating processes on bioactive component of sangyod muang phatthalung rice. *Thai Journal of Agricultural Science* [En línea]. 2009, 42(4), 191–199. [consultado el 19/01/2022]. Disponible en: <http://www.thaiscience.info/Journals/Article/TJAS/10594529.pdf>



BARAC, M, y otros. 2010. Perfil y propiedades funcionales de proteínas de seis genotipos de semillas de Arveja. s.l. : International Journal of Molecular Sciences, 2010. 11(12): 4973-4990.

BREND, Yael, Liel GALILI, Hana BADANI, Ran HOVAV y Shmuel GALILI. Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Red and Yellow Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Seeds as Affected by Baking and Cooking Conditions. *Food and Nutrition Sciences* [En línea]. 2012, 03(08), 1150–1155. [consultado el 16/12/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.4236/fns.2012.38151>.

CAÑAS, G. J. y BRAIBANTE M. E. A Química dos Alimentos Funcionais. *Química Nova na Escola* [En línea]. 2019, 41(3). 2175-2699. [consultado el 01/2/2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160168>.

CAO, G. SOFIC, E. y PRIOR, R. L. Antioxidant Capacity of Tea and Common Vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [En línea]. Enero 1997, 22(5), 749–760. [consultado el 16/01/2022]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/s0891-5849\(96\)00351-6](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(96)00351-6).

CAV, et al. Antioxidant capacity of tea and common vegetables. A news extract from. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [En línea]. Junio 2010, 58(11), 6621-6627. [consultado el 18//05/21]. Disponible en: DOI: 10.1021/jf9035832

CHACCHI, k. Demanda de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) a nivel industrial. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae, 2009, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Peru. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1642>

CHASQUIBOL, et al. Alimentos funcionales o fitoquímicos, clasificación e importancia. Tesis para optar el grado de ingeniero químico, 2003, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima- Perú. Disponible en: https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/2907/Chasquibol_Silva_Nancy.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CHAVEZ, et al. Actividad antioxidante de infusiones de yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) tesis de bioquímica, 2002, Universidad Nacional de Nordeste, Argentina



CHOQUE-QUISPE, D. et al. Phenolic compounds, antioxidant capacity, and protein content of three varieties of germinated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). SciELO [En línea]. Junio 2021, 41(2). <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v41n2.89831>

DAVILA , al et. Leguminosas germinadas o fermentadas: alimentos o ingredientes de alimentos funcionales. Archivos latinoamericanos de nutrición [En línea]. 2003, 53(4), 348-354, [consultado el 12/08/22]. disponible en :ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222003000400003

DE LA RIVA. Comparacion del contenido de fitatos, polifenoles y capacidad antioxidante de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) cruda y procesada variedad Salcedo INIA. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Agroindustrial, 2010, Universidad Nacional del Altiplano, Puno- Peru

DERGAL, Salvador Badui. Química de los alimentos. 2a ed. Mexico: Alhambra Mexicana, 1990. ISBN 9789684440951

DOMÍNGUEZ DE DÍEZ , B. Germinados: El alimento más perfecto y completo. México, D.F: Editorial Posada, 1983. ISBN 9684330456.

ECEWEN. Bruce S. Protective and damaging effects of stress mediators. The New England Journal of Medicine [En línea]. 1998, 338(1):171-179. [consultado el 12/08/22]. disponible en: <https://doi.org/10.1056/nejm199801153380307>

EL-SAFY, S., MUKHTAR, E., and SALEM, R. (The impact of soaking and germination on chemical composition, carbohydrate fractions, digestibility, antinutritional factors and minerals content of some legumes and cereals grain seeds. Alexandria Science Exchange Journal, [En línea]. 2003 34(4), 499-513. [consultado el 20/08/22]. Disponible en: <https://doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2013.3112>.

EUM, Hyang Lan, Yeri PARK, Tae Gyu YI, Jae Wook LEE, Keon-Soo HA et al. Effect of germination environment on the biochemical compounds and anti-inflammatory properties of soybean cultivars. PLOS ONE [En línea]. abril 2020, 15(4), 1932-6203. 0232159. ISSN [consultado el 16/12/2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232159>



FENNEMA, O. Chemical Changes in Food during Processing An Overview. Chemical Changes in Food During Processing [En línea]. 1985, 1–16. [consultado el 21/02/2022] ISBN 9789401710183. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-94-017-1016-9_1

FISCHER, S. et al. Controlled water stress to improve functional and nutritional quality in quinoa seed. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas [En línea]. Setiembre 2013, 12(5), 457-468. [consultado el 05/04/2022] Disponible en: <https://bit.ly/3V0MY4N>

FRIAS, J., M. MIRANDA, R. DOBLADO y C. VIDALVALVERDE. Effect of germination and fermentation on the antioxidant vitamin content and antioxidant capacity of L. var. Multolupa. Food Chemistry, [En línea]. Septiembre 2005, 92(2), 211–220. ISSN 0308-8146. [consultado el 26/06/2022]. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/856/Resumenes/Resumen_85628390003_1.pdf

GAN, Ren-You, Ming-Fu WANG, Wing-Yee LUI, Kao WU y Harold CORKE. Dynamic changes in phytochemical composition and antioxidant capacity in green and black mung bean (*Vigna radiata*) sprouts. International Journal of Food Science & Technology [En línea]. Agosto de 2016, 51(9), 2090–2098. ISSN 0950-5423. [consultado el 16/12/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13185>.

GORINSTEIN, Shela, Oscar J. Medina VARGAS, Nicolas O. JARAMILLO, Ines Arnao SALAS, Alma Leticia Martinez AYALA et al. The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals. European Food Research and Technology [En línea]. octubre de 2006, 225 (3-4), 321–328. ISSN 1438-2385.[consultado el 06/01/2022].Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0417-7>

GOYOAGA, C. Estudio de factores no nutritivos en vicia faba I: Influencia de la germinación sobre su valor nutritivo. Tesis para optar grado magister en ciencia y tecnologia de alimentos, 2005, Universidad Complutense de Madrid, Madrid - España.

GRAF, B., et al. Quinoa seeds leach phytoecdysteroids and other compounds with anti-diabetic properties, Food Chemistry [En línea]. Noviembre de 2014, 163, 178–185. ISSN 0308-8146. [consultado el 08/02/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.088>.



JAYASENA, V, CHIH, H y NASAR, S. 2010. Functional Properties Of Sweet Lupin Protein Isolated And Tested At Various Ph Levels. s.l. : Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 2010. Vol. 6.

HANASAKI, et al. The correlation between active oxygens scavenging and antioxidative effects of flavonoids. *Free Radical Biology and Medicine* [En línea]. Junio de 1994, 16 (6), 845–850. ISSN 0891-5849. [consultado el 23/04/2022]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(94\)90202-x](https://doi.org/10.1016/0891-5849(94)90202-x)

HE, D. et al. Constructing the metabolic and regulatory pathways in germinating rice seeds through proteomic approach. *PROTEOMICS* [En línea]. Junio de 2011, 11(13), 2693–2713. ISSN 1615-9853. [consultado el 09/02/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/pmic.201000598>

KLUPSAITE, D y JUODEIKIENE, G. 2015. Composición y Propiedades funcionales de Extracto de Proteína. s.l. : Kauno Technologies University Review, 2015. Vol. 19.

MCEWEN, Bruce S. Protective and Damaging Effects of Stress Mediators. *New England Journal of Medicine* [En línea]. Enero de 1998, 338(3), 171–179. ISSN 1533-4406, [consultado el 10/02/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1056/nejm199801153380307>

SAMIA, F.; RABAB, H.; ENSAF MUKHTAR, Y. The Impact of Soaking and Germination on Chemical Composition, Carbohydrate Fractions, Digestibility, Antinutritional Factors and Minerals Content of Some Legumes and Cereals Grain Seeds. *Alexandria Science Exchange Journal* [En línea]. Diciembre de 2013. 34(1). 499–513. [consultado el 20/02/2022]. ISSN 1110-0176. Disponible en: <https://doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2013.3112>

HIROSE, et al.). Antioxidative properties and flavonoid composition of Chenopodium quinoa seeds cultivated in Japan. *Food Chemistry* [En línea]. 2010, 119(1), 1300-1306 [consultado el 20/02/2022]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Antioxidative-properties-and-flavonoid-composition-Hirose-Fujita/8235bb5886a48f20f49f82fd4e5fab21f8a3c547>

HUANG, D., BOXIN O. Y PRIOR R. The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [En línea]. Marzo de 2005, 53(6), 1841–1856.



ISSN 1520-5118. [consultado el 21/02/2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1021/jf030723c>

IDOWU, A, OLATUNDE O., ADEKOYA A. y IDOWU S. Germination: an alternative source to promote phytonutrients in edible seeds. *Food Quality and Safety* [En línea]. Diciembre de 2019, 4(3), 129–133. ISSN 2399-1402. [consultado el 21/02/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyz043>.

INIA. (2013). INIA 420 “Negra Collana” – Variedad con granos de buena calidad para la agroindustria, exportación y consumo nacional. Programa Nacional de Investigación de cultivos - Estación experimental Agraria ILLPA, Puno- Peru.

INTA. (2015). Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos-Universidad de Chile Antioxidantes. Obtenido de <http://www.portalantioxidantes.com/mision/>.

JAMDAR, S. N., RAJALAKSHMI, V. PEDNEKAR, M. D. JUAN, F. YARDI V. Influence of degree of hydrolysis on functional properties, antioxidant activity and ACE inhibitory activity of peanut protein hydrolysate. *Food Chemistry* [En línea]. Julio de 2010, 121(1), 178–184. ISSN 0308-8146. [consultado el 18/08/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.027>

KARAMAĆ, M. et al. Antioxidant Activity and Phenolic Composition of Amaranth (*Amaranthus caudatus*) during Plant Growth. *Antioxidants* [En línea]. junio de 2019, 8(6) 173. ISSN 2076-3921. [consultado el 03/07/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/antiox8060173>.

KYLEN, A. M. y MCCREADY R.M. NUTRIENTS IN SEEDS AND SPROUTS OF ALFALFA, LENTILS, MUNG BEANS AND SOYBEANS. *Journal of Food Science* [En línea]. septiembre de 1975, 40(5) 1008–1009. ISSN 1750-3841. [consultado el 10/08/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1975.tb02254.x>.

LALLANA V. H. y FOTI, M. N. Bioensayo de Germinación con Semillas de Eruca Sativa Mill. para la Detección de Salinidad y Presencia de Herbicida en Agua. *FABICIB* [En línea]. Diciembre de 2005, 9, 9–16. ISSN 2362-5546. [consultado el 07/02/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.14409/fabicib.v9i1.757>



LEIGHTON F. et al. Antioxidantes polifenoles vegetales y estrés oxidativo. NIH [En línea]. 2000, 33(2), 55-64. [consultado el 07/02/2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15693271/>

LI, Ying-Chao, He QIAN, Xiu-Lan SUN, Yan CUI, He-Ya WANG et al. The Effects of Germination on Chemical Composition of Peanut Seed. Food Science and Technology Research [En línea]. 2014, 20(4), 883–889. ISSN 1881-3984. [consultado el 10/02/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3136/fstr.20.883>

LIM, Y. Y., T. T. LIM y J. J. TEE. Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. Food Chemistry [En línea]. Enero de 2007, 103(3), 1003–1008. ISSN 0308-8146. [consultado el 14/01/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.038>

LINTSCHINGER, J., N. FUCHS, H. MOSER, R. JÄGER, T. HLEBEINA et al. Uptake of various trace elements during germination of wheat, buckwheat and quinoa. Plant Foods for Human Nutrition [En línea]. Mayo de 1997, 50(3), 223–237. ISSN 1573-9104. [consultado el 17/02/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/bf02436059>

LOPEZ, et al. (2013). Efecto de la coccion y la germinacion de la composicion fenolica y propiedades biologicas de los granos oscuros.

LÓPEZ, L Y ROSAS, M. Efecto del tiempo de germinación y tiempo de cocción, e influencia de la temperatura de secado en la actividad hemaglutinante de las lectinas en el tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Tesis de Ingeniería en Industrias Alimentarias, 2014, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

MAMANI, et al. Evaluación del efecto de tres procesos Agroindustriales en la estabilidad de los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en dos variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Tesis de Ingeniería Agroindustrial, 2015, Universidad Nacional del Antiplano, Puno, Perú.

MANACH, C, et al. Polyphenols: food sources and bioavailability. The American Journal of Clinical Nutrition [En línea]. Mayo de 2004, 79(5), 727-747. [consultado el 13/02/2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15113710/>



MARTINEZ, Isabel, et al. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. Archivos Latinoamericanos de nutrición [En línea]. 2000, 50(1), 5-18. [consultado el 03/02/2022]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/262551532_Significado_nutricional_de_los_compuestos_fenolicos_de_la_dieta

MARTINS, N.; Barros, L. y Ferreira, I. C. F. R. In vivo antioxidant activity of phenolic compounds: Facts and gaps. Trends in Food Science & Technology [En línea]. Febrero de 2016, 48, 1–12. [consultado el 07/01/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.11.008>.

MIQUEL J.; QUINTANILLA A. y WEBER H. (1989). Historical introduction of free radical and antioxidants biomedical researej. *CRC Handbook of free radicals and antioxidants*. [En línea]. 1989, 01 [consultado el 16/01/2022]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/CRC-Handbook-of-free-radicals-and-antioxidants-in-Miquel-Quintanilha/eced77661616f8768fc7f7771b2b072283749c7b>

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA DEL ECUADOR y FAO. Documento Técnico de las Guías Alimentarias Basadas en Alimentos (GABA) del Ecuador. *Guias alimentarias del Ecuador* [En línea]. 2021, 44-49. [consultado el 25/11/2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/ca9928es>

MIRANDA, Margarita; et al. Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Industrial Crops and Products* [En línea]. Noviembre de 2010, 32(3), 258–263. [consultado el 27/01/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.04.019>.

MOSTAJO, G. Manejo Agronómico: Prácticas de conservación de suelos, producción comercialización y perspectiva de granos andinos. Biblioteca simon sanchez reyes [En línea]. Diciembre de 2018. [consultado el 07/01/2022]. Disponible en: <https://iestpsimonsanchezreyes.biblioteca.net.pe/items/show/259>

MUJICA, Angel; et al. Producción Orgánica de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild), Universidad Nacional del altiplano. 2013, Puno, Perú.



ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD -(OMS)- [En línea]. 2020. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/318321-minsa-enfermedades-al-corazon-entre-las-primeras-causas-de-muerte-en-adultos>

OJEDA, H. Los compuestos fenólicos de la uva. *Enología* [En línea]. 2007, 4(4), 22.

NSAARD, E, POMSAMUD, P y AUDTUM, P. 2010. Functional Properties Of Sesame Protein Concentrates From Sesame Meal. s.l. : Asian Journal Of Food an AgroIndustry, 2010. Vol. 3.

PADILLA, ET AL. (2008). contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias semillas y nueces. *Scielo analytics* [En línea]. 2008 Archivos latinoamericanos de nutrición, 58(3), 303.+

PARR, A. J. y BOLWELL, P.G. Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [En línea]. mayo de 2000, 80(7), 985–1012. ISSN 1097-0010. [consultado el 10/08/2022]. Disponible en: [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0010\(20000515\)80:7%3C985::aid-jsfa572%3E3.0.co;2-7](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0010(20000515)80:7%3C985::aid-jsfa572%3E3.0.co;2-7).

PAUCAR-MENACHO, Luz M, et al. Optimizing germination conditions to enhance the accumulation of bioactive compounds and the antioxidant activity of kiwicha (*Amaranthus caudatus*) using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*, [En línea]. marzo de 2017, 76 (), 245–252. ISSN 0023-6438. [consultado el 18/12/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.038>.

PIETTA, P-G. Flavonoids as Antioxidants. *Journal of Natural Products* [En línea]. julio de 2000 63 (7), 1035–1042 ISSN 1520-6025. [consultado el 05/09/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/np9904509>.

PITA, J. M.; GONZÁLEZ-BENITO, E.; PÉREZ, C. y PÉREZ-GARCIA, F. Effect of Cryopreservation on Seed Germination of Different Leguminosae Species. *Basic and Applied Aspects of Seed Biology* [En línea]. 1997, 797–802. Dordrecht: Springer Netherlands,. ISBN 9789401064101. [consultado el 18/06/2022]. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-94-011-5716-2_87.



POKORNY JAN, ET AL. (2005). . *Antioxidantes de los Alimentos – Aplicaciones prácticas*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.

PROYECTO SICA. (2001). Producción Orgánica de Quinoa” Servicio de información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. Cultivos controlados. Quito - Ecuador

QUISPE, W. E (2016). Evaluación comparativa del contenido proteico, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de dos variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa*) orgánica y convencional. Tesis Profesional de Ingeniería Agroindustrial, 2016, Universidad Nacional del Antiplano, Puno.

REÁTEGUI, P. M. y RAMIREZ J.P. Actividad antioxidante In vitro, determinación de polifenoles totales de raíz de *Physalis angulata* L. (bolsa mullaca). Tesis de pregrado en farmacia y bioquímica, 2014, Universidad Nacional de la Amazonia peruana, Iquitos-Perú.

REPO, R., y ENCINA, C. (2008). DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y COMPUESTOS FENÓLICOS DE CEREALES ANDINOS: QUINUA (*Chenopodium quinoa*), KAÑIWA (*Chenopodium pallidicaule*) y KIWICHA (*Amaranthus caudatus*). *Revista de la Sociedad Química del Perú* [En línea]. 2008 74(2), 85-99.

REPO-CARRASCO, R. A. M y SERNA, L. A. Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* [En línea]. Marzo 2011, 31(1), 225–230. ISSN 0101-2061. [consultado el 16/12/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/s0101-20612011000100035>.

REPO-CARRASCO, et al. (2007). Cultivos andinos. Importancia nutricional y posibilidades de procesamiento. (1 ed.). (H. Baez, Ed.) Cordoba.

REPO-CARRASCO, R. HELLSTRÖM, J. K., PIHLAVA, J. M. y MATTILA, P. H. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry* [En línea]. mayo de 2010 120(1), 128–133. ISSN 0308-8146. [consultado el 14/03/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.087>.



REPO-CARRASCO, R., PILCO, J. J. y ENCINA, C. R. Desarrollo y elaboración de un snack extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y maíz (*Zea mays* L.). *Ingeniería Industrial* [En línea]. marzo de 2011, (29), 207-224. ISSN 1025-9929. [consultado el 29/03/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2011.n029.235>.

REPO-CARRASCO, R. A. M y SERNA, L. A. Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, [En línea]. 31 marzo de 2011, 31(1). 225–230. ISSN 0101-2061. [consultado el 20/05/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/s0101-20612011000100035>.

RICE - EVANS, ET AL. (1996).). Structure-antioxidant, activity relationship of flavonoids and phenolic acid. *Free Radical Biology and Medicine* [En línea]. 1996 20(7): 933-956. [consultado el 20/05/2022]. PMID: 8743980 Disponible en:[https:// DOI: 10.1016/0891-5849\(95\)02227-9](https://doi.org/10.1016/0891-5849(95)02227-9)

RUIZ, A. I HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I. MARDONES, C.Carola VERGARA, C Erika HERLITZ et al. Polyphenols and Antioxidant Activity of Calafate (*Berberis microphylla*) Fruits and Other Native Berries from Southern Chile. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [En línea]. mayo de 2010. 58(10), 6081–6089. ISSN 1520-5118. [consultado el 11/05/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/jf100173x>.

SALAS,T.S. Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de los frutos silvestres *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer (*Machamacha*), *Monnina vargassi* Ferreyra (*Condorpausan*), *Vaccinium floribundum* Kunth (*Alaybilí*) y *Rubus roseus* Poir (*Frambuesa silvestre*). Tesis para optar título profesional de ingeniero agroindustrial (2017). Universidad Nacional Jose Maria Arguedas, Andahuaylas - Peru.

SADOWSKA-BARTOSZ, Izabela y Grzegorz BARTOSZ. Effect of Antioxidants Supplementation on Aging and Longevity. *BioMed Research International* [En línea]. Julio 2014, pag .1–17. ISSN 2314-6141. [consultado el 05/10/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2014/404680>.

SANDOVAL-SICAIROS, E S et al. Phytochemical Compounds and Antioxidant Activity Modified by Germination and Hydrolysis in Mexican Amaranth. *Plant Foods for Human Nutrition* [En línea]. Febrero de 2020, 75 (2), 192–199. ISSN 1573-9104. [consultado el 17/12/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00798-z>.



SCALBERT, A. y WILLIAMSON, G. Dietary Intake and Bioavailability of Polyphenols. *The Journal of Nutrition* [En línea]. agosto de 2000. 130(8), 2073—2085. ISSN 1541-6100. [consultado el 17/10/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jn/130.8.2073s>.

SEGURA. (2004). Evaluación de la potencialidad funcional en 15 genotipos de papa nativa (*Solanum sp.*). Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Industrias Alimentarias, Lima - Peru.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R. y LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Oxidants and Antioxidants* [En línea]. 1999. 152–178 Elsevier,. ISBN 9780121822002. [consultado el 19/09/2022]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/s0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/s0076-6879(99)99017-1).

TANG, Y. et al. Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chemistry*, [En línea]. Enero de 2015, 166 380–388 ISSN 0308-8146. [consultado el 02/08/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.018>

TELEVIČIŪTĖ, D. Ž. et al. Changes in chemical composition of germinated leguminous under abiotic stress conditions. *Food Science and Technology* [En línea]. diciembre de 2020, 40 (2), 415–421 ISSN 1678-457X. [consultado el 17/12/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/fst.23019>.

TORRES, K. J. Y CHAVEZ, K. Y (2016). Efecto del ácido láctico y ácido cítrico, como sanitizante y antioxidante en tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniera de Industrias Alimentarias, 2016, Universidad Nacional San Agustín. Arequipa - Peru.

TORRES, A.; COVA, A. y VALERA, D. Efecto del proceso de germinación de granos de *Cajanus cajan* en la composición nutricional, ácidos grasos, antioxidantes y bioaccesibilidad mineral. *Revista chilena de nutrición* [En línea]. Diciembre de 2018 45 (4) 323–330 ISSN 0717-7518. [consultado el 17/12/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.4067/s0717-75182018000500323>.



TORRES; CHAVEZ. (2016). Efecto del ácido láctico y ácido cítrico, como sanitizante y antioxidante en tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Germinada y almacenada en refrigeración. Universidad Nacional de san Agustín de Arequipa. Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Arequipa - Peru.

TOVAR DEL RIO, J. (2013). Determinación de la actividad antioxidante por DPPH y ABTS de treinta plantas recolectadas en la ecoregión cafetera. Tesis Químico industrial, 2013, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

ZHU, Nanqun, et al. ANTIOXIDATIVE FLAVONOID GLYCOSIDES FROM QUINOA SEEDS (*CHENOPODIUM QUINOA* WILLD). *Journal of Food Lipids* [En línea]. marzo de 2001 8(1) 37- 44 ISSN 1745-4522. [consultado el 13/08/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4522.2001.tb00182.x>.

ZIELIŃSKI, H. Y KOZŁOWSKA, H. Vitamin B1 and B2, dietary fiber and minerals content of Cruciferae sprouts. *European Food Research and Technology* [En línea]. enero de 2005 221(2) 78–83. ISSN 1438-2385. [consultado el 15/07/2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00217-004-1119-7>.



ANEXOS



Anexo 1 — Contenido de polifenoles totales

Tabla 26 — Datos y análisis estadístico de los fenoles totales

Tratamiento	Repeticiones	Peso (g)	Volumen (mL)	Absorbancia	X	AGE mg/g	AGE mg/100 g	Prom	DS	CV
Oscar Blanco (t : 0 h)	R1	1.0002	10	0.699	0.3010	3.010	0.000	301.54	3.924	1.301
	R2	1.0002	10	0.703	0.3028	3.028	302.771			
	R3	1.0002	10	0.689	0.2966	2.965	296.508			
	R4	1.0002	10	0.71	0.3060	3.059	305.903			
Oscar Blanco (t : 24h)	R1	1.0002	10	0.735	0.3172	3.171	317.088	320.11	3.768	1.18
	R2	1.0002	10	0.748	0.3230	3.229	322.904			
	R3	1.0002	10	0.734	0.3167	3.166	316.640			
	R4	1.0002	10	0.75	0.3239	3.238	323.799			
Oscar Blanco (t : 48h)	R1	1.0002	10	0.809	0.3503	3.502	350.194	348.29	4.389	1.26
	R2	1.0002	10	0.792	0.3427	3.426	342.589			
	R3	1.0002	10	0.803	0.3476	3.475	347.510			
	R4	1.0002	10	0.815	0.3529	3.529	352.879			
Oscar Blanco (t : 72h)	R1	1.0001	10	0.817	0.3538	3.538	353.809	351.24	2.203	0.63
	R2	1.0001	10	0.811	0.3512	3.511	351.124			
	R3	1.0001	10	0.812	0.3516	3.516	351.572			
	R4	1.0001	10	0.805	0.3485	3.484	348.440			
Centenario (t : 0h)	R1	1.0004	10	0.628	0.2693	2.692	269.164	275.31	4.358	1.58
	R2	1.0004	10	0.65	0.2791	2.790	279.004			
	R3	1.0004	10	0.647	0.2778	2.777	277.662			
	R4	1.0004	10	0.642	0.2755	2.754	275.426			
Centenario (t : 24h)	R1	1.0003	10	0.638	0.2737	2.737	273.664	280.82	6.940	2.47
	R2	1.0003	10	0.675	0.2903	2.902	290.216			
	R3	1.0003	10	0.649	0.2787	2.786	278.585			
	R4	1.0003	10	0.654	0.2809	2.808	280.821			
Centenario (t : 48h)	R1	1.0004	10	0.796	0.3444	3.443	344.309	344.53	3.067	0.89
	R2	1.0004	10	0.801	0.3467	3.465	346.546			
	R3	1.0004	10	0.802	0.3471	3.470	346.993			
	R4	1.0004	10	0.787	0.3404	3.403	340.284			
Centenario (t : 72h)	R1	1.0003	10	0.791	0.3422	3.421	342.107	345.80	2.693	0.78
	R2	1.0003	10	0.805	0.3485	3.484	348.370			
	R3	1.0003	10	0.802	0.3471	3.470	347.028			
	R4	1.0003	10	0.799	0.3458	3.457	345.686			

Tabla 27 — Datos para la curva de ácido gálico

mg/ml	ppm	R1	R2	R3	Promedio	Resta
0.05	50	0.13175	0.1335	0.13	0.132	0.127
0.1	100	0.2645	0.258	0.252	0.258	0.254
0.15	150	0.373	0.378	0.344	0.365	0.360
0.2	200	0.495	0.491	0.493	0.493	0.488
0.4	400	0.918	0.927	0.9095	0.918	0.914

Blanco 0.00475; a=2.234760274 ; b= 0.026243151

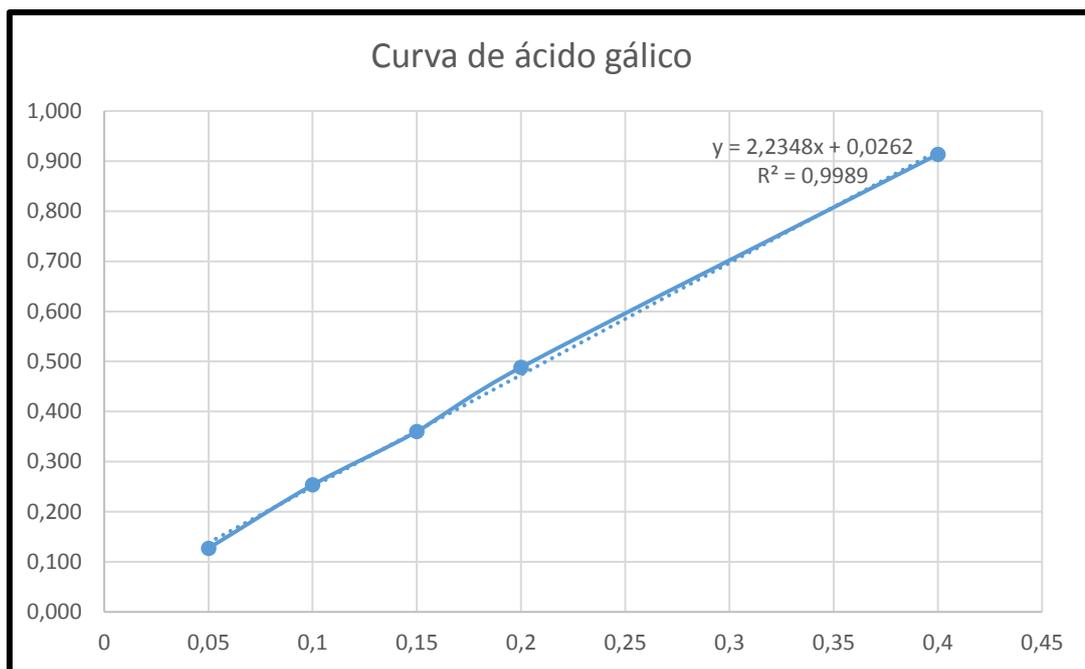


Figura 16 — Curva de ácido gálico

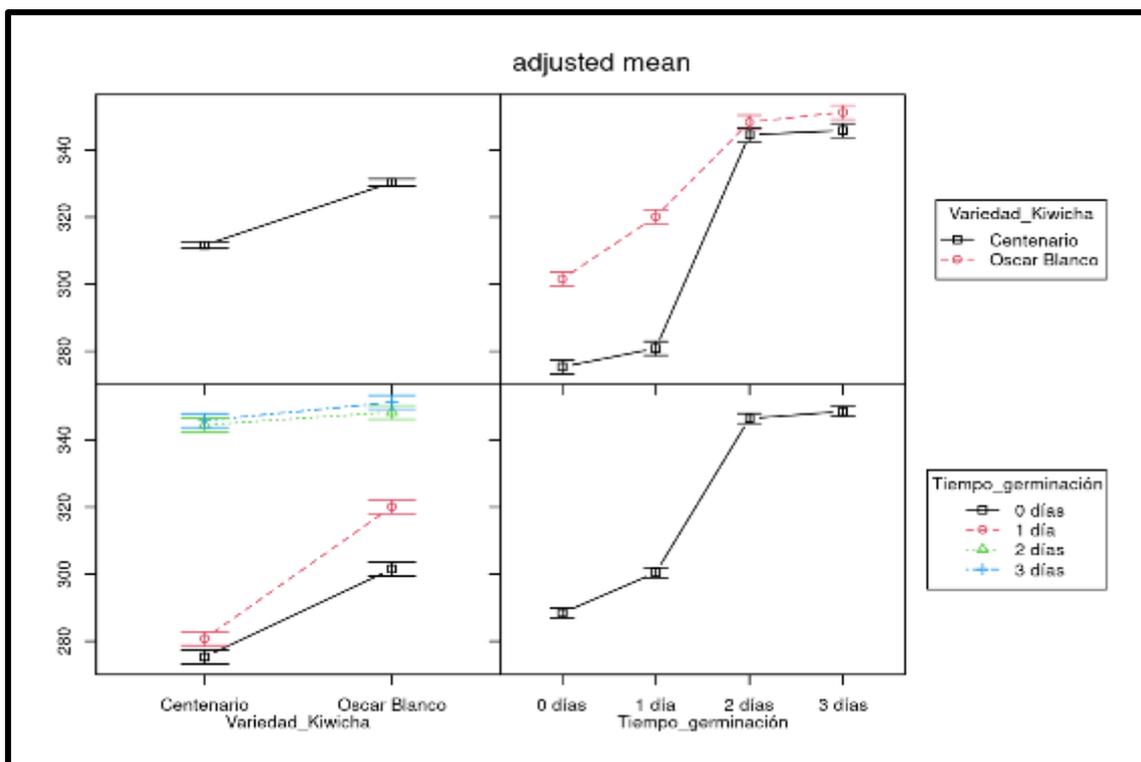


Figura 17 — Interacción de polifenoles totales (mg AGE/100 g) por variedad de kiwicha y tiempo de germinación

Anexo 2 —Actividad antioxidante

Tabla 28 — Datos y análisis estadístico de la actividad antioxidante

Tratamiento	Repeticiones	Peso (g)	Volumen (mL)	Absorbancia	%Inhibición mgTE/100g	prom	umol eq trolox/g	Prom	DS	CV
Oscar Blanco (t : 0 h)	R1	1.0002	10	0.039	96.671	97.375	9.954	10.025	0.048	0.48
	R2	1.0002	10	0.027	97.695		10.057			
	R3	1.0002	10	0.028	97.610		10.049			
	R4	1.0002	10	0.029	97.525		10.040			
Oscar Blanco (t : 24h)	R1	1.0002	10	0.025	97.866	97.823	10.075	10.070	0.009	0.09
	R2	1.0002	10	0.025	97.866		10.075			
	R3	1.0002	10	0.025	97.866		10.075			
	R4	1.0002	10	0.027	97.695		10.057			
Oscar Blanco (t : 48h)	R1	1.0002	10	0.028	97.610	97.589	10.049	10.047	0.008	0.08
	R2	1.0002	10	0.029	97.525		10.040			
	R3	1.0002	10	0.029	97.525		10.040			
	R4	1.0002	10	0.027	97.695		10.057			
Oscar Blanco (t=72h)	R1	1.0001	10	0.024	97.951	98.058	10.084	10.095	0.008	0.08
	R2	1.0001	10	0.023	98.037		10.093			
	R3	1.0001	10	0.022	98.122		10.101			
	R4	1.0001	10	0.022	98.122		10.101			
Centenario (t : 0h)	R1	1.0004	10	0.059	94.964	94.836	9.780	9.768	0.013	0.13
	R2	1.0004	10	0.062	94.708		9.754			
	R3	1.0004	10	0.060	94.878		9.771			
	R4	1.0004	10	0.061	94.793		9.762			
Centenario (t : 24h)	R1	1.0003	10	0.019	98.378	98.421	10.125	10.131	0.005	0.05
	R2	1.0003	10	0.018	98.464		10.134			
	R3	1.0003	10	0.018	98.464		10.134			
	R4	1.0003	10	0.019	98.378		10.125			
Centenario (t : 48h)	R1	1.0004	10	0.020	98.293	98.378	10.116	10.121	0.007	0.07
	R2	1.0004	10	0.019	98.378		10.124			
	R3	1.0004	10	0.019	98.378		10.124			
	R4	1.0004	10	0.018	98.464		10.133			
Centenario (t=72h)	R1	1.0003	10	0.018	98.464	98.464	10.134	10.134	0.007	0.07
	R2	1.0003	10	0.018	98.464		10.134			
	R3	1.0003	10	0.019	98.378		10.125			
	R4	1.0003	10	0.017	98.549		10.142			

Tabla 29 — Datos de la curva del trolox

				100-(abs*100/abs dpph)
R1	R2	R3	Promedio	%Inhibición
1.080	1.078	1.079	1.079	7.910
0.965	0.9665	0.9925	0.975	16.802
0.7355	0.7165	0.7125	0.722	38.412
0.263	0.217	0.2425	0.241	79.442
0.0485	0.0605	0.056	0.055	95.305



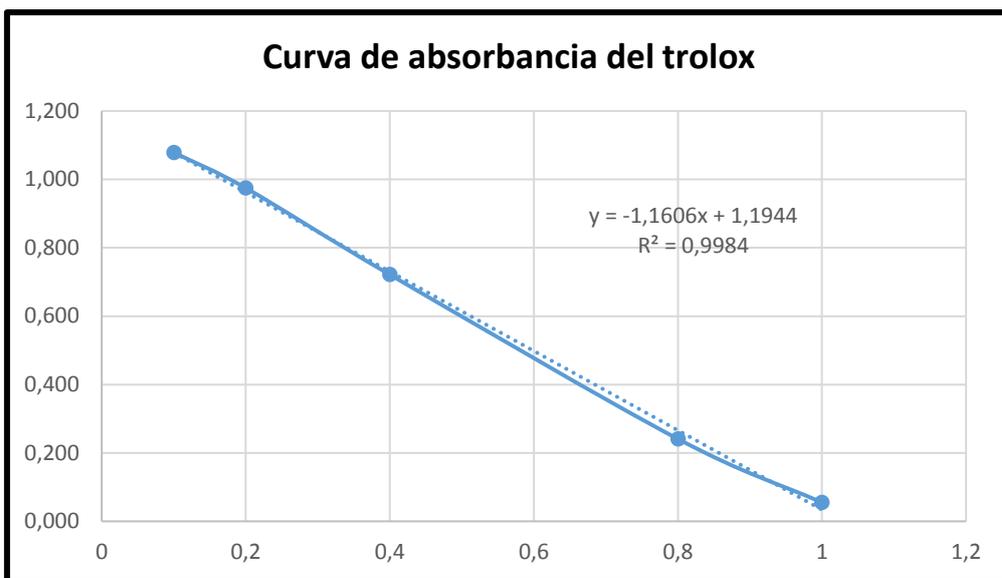


Figura 18 — Curva de absorbancia del trolox

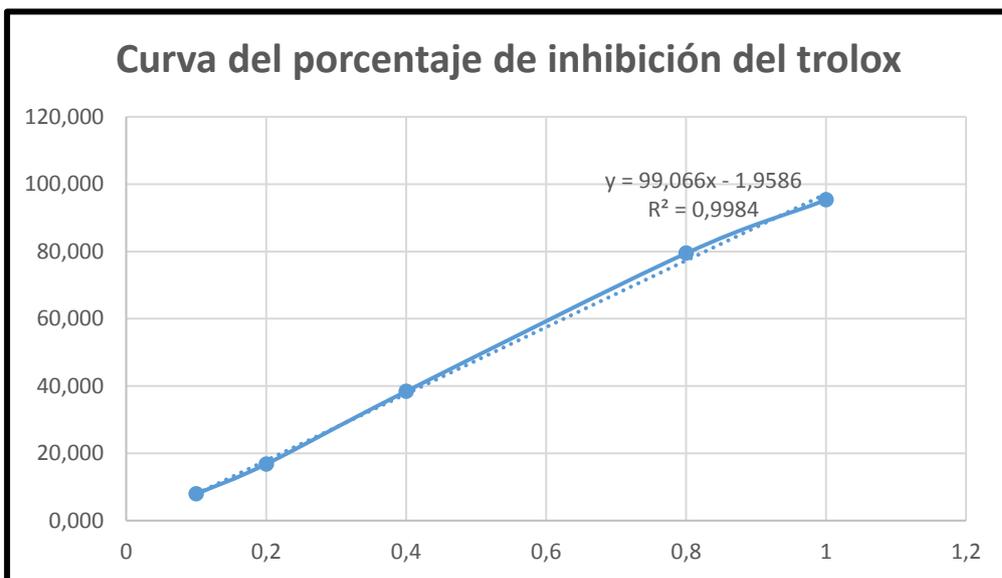


Figura 19 — Curva del porcentaje de inhibición del trolox

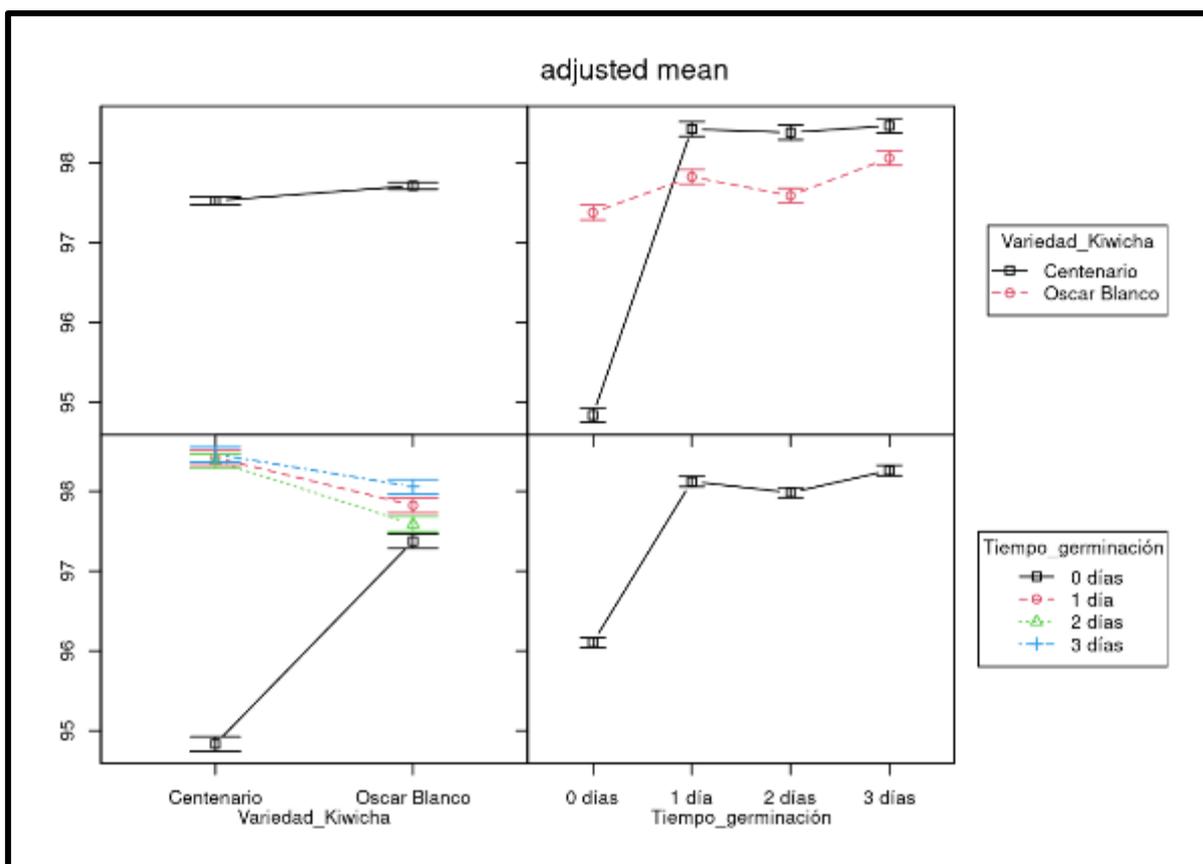


Figura 20 — Interacción de actividad antioxidante (mg TE/100g) por variedad de kiwicha y tiempo de germinación

Anexo 3 — Contenido proteico

Tabla 30 — Datos y análisis estadístico de la proteína

	Variedad	Día	Proteína	Variedad	Proteína
1	Oscar Blanco	0	12.870	Centenario	13.358
2	Oscar Blanco	0	13.171	Centenario	13.158
3	Oscar Blanco	0	13.254	Centenario	13.013
4	Oscar Blanco	0	13.120	Centenario	12.980
5	Oscar Blanco	1	13.240	Centenario	13.860
6	Oscar Blanco	1	13.780	Centenario	13.566
7	Oscar Blanco	1	13.620	Centenario	13.490
8	Oscar Blanco	1	13.650	Centenario	13.330
9	Oscar Blanco	2	14.575	Centenario	13.734
10	Oscar Blanco	2	14.360	Centenario	13.987
11	Oscar Blanco	2	14.160	Centenario	13.950
12	Oscar Blanco	2	14.110	Centenario	14.102
13	Oscar Blanco	3	15.120	Centenario	13.980
14	Oscar Blanco	3	14.930	Centenario	14.120
15	Oscar Blanco	3	14.970	Centenario	14.140
16	Oscar Blanco	3	14.780	Centenario	14.070

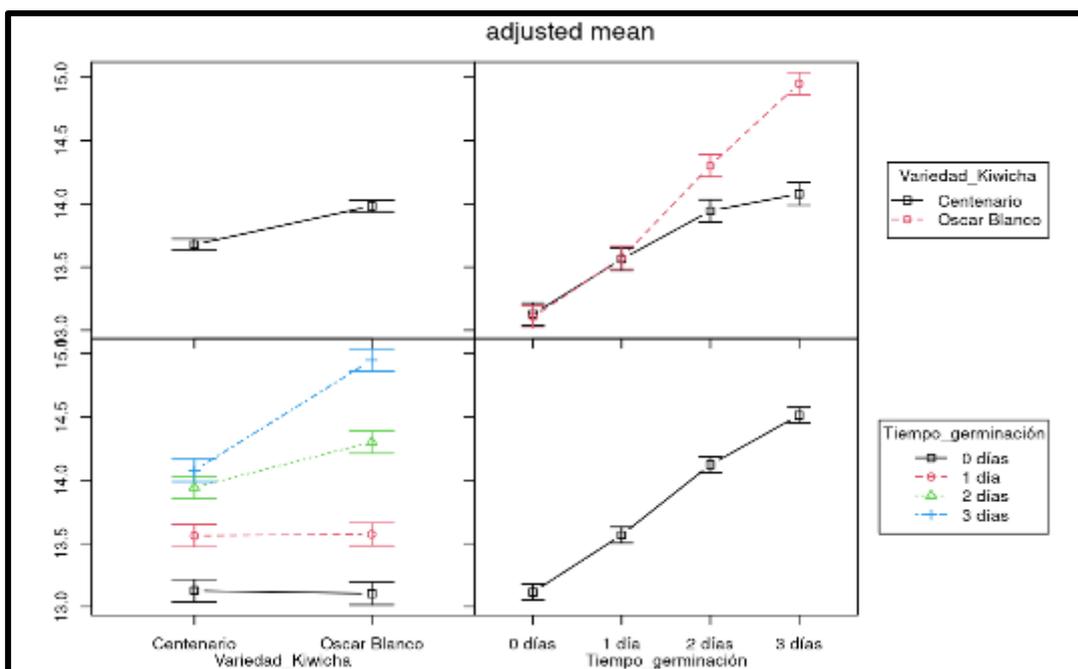


Figura 21 — Interacción del contenido de proteínas (%) por variedad de kiwicha y tiempo de germinación



Figura 22 — muestras de kiwicha variedad centenario



Figura 23 — muestras de kiwicha variedad Oscar Blanco



Figura 24 — Clasificación y selección de muestras de kiwicha



Figura 25 — Remojo y acondicionamiento de muestras de kiwicha



Figura 26 — germinación de muestras de kiwicha



Figura 27 — Secado de muestras de kiwicha



Figura 28— Secado de muestras de kiwicha germinada

Anexo 4

Tabla 31— Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	INDICE
<u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u>					
TIEMPO DE GERMINACION	Es el conjunto de procesos metabólicos que tienen como resultado la transformación de un embrión en una plántula capaz de valerse por sí misma liberando enzimas diastasas se activen y den lugar a nuevas reacciones (LALLANA, 2005).	Tiempo en horas o días en que tarda la kiwicha en germinar hasta la fase III, crecimiento y división celular que provoca la emergencia de la radícula.	Tiempo (t)	Horas o días (h, día)	t:0h t:24h t:48h t:72h
VARIEDAD KIWICHA	la kiwicha (<i>amaranthus caudatus</i>) es el grano más importante de los cuatros en comparación a otros granos andinos que se produce en el Perú destacando las zonas productoras de Cusco, Apurímac y Ancash (MOSTAJO, 2018).	Variedades de la kiwicha son claramente distinguibles por un grupo de caracteres (morfológicos, fisiológicos, citológicos, químicos u otros) y las cuales, cuando se cultivan mantienen sus características distinguibles.	Variedad 1 Variedad 2	V1: Oscar Blanco V2: Centenario	%
<u>VARIABLE DEPENDIENTE</u>					
POLIFENOLES TOTALES	Los polifenoles tienen como principal característica estructural poseer uno o más grupos hidroxilo (-OH) unidos a uno o más anillos bencénicos. Siendo primariamente conocidos por sus propiedades antioxidantes, la mayor parte de los polifenoles exhibe, además, de otras actividades biológicas potencialmente benéficas para la salud (Ruiz, 2010).	El tiempo de germinación y la variedad de kiwicha afecta el contenido de polifenoles totales	polifenoles totales	Polifenoles totales	mg AGE/100 g
ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE	Son compuestos naturales presentes en los alimentos usados para retrasar el inicio o reducir la velocidad de la oxidación de otros sustratos. (ALCÁZAR, 2002)	El tiempo de germinación y la variedad de kiwicha afecta su capacidad antioxidante	Capacidad antioxidante	Capacidad antioxidante	mg TE/100g
PROTEINAS	Las proteínas son biomoléculas de elevado peso molecular (macromoléculas) formadas por aminoácidos, que se unen en varias cadenas lineales para formar su estructura. Debido a que hay varios y diversos aminoácidos, existen múltiples configuraciones y por lo tanto muchas proteínas diferentes (BUDAI, 1998).	El tiempo de germinación y la variedad de kiwicha afecta su el contenido de proteínas	Proteínas totales	Contenido proteico	%