

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**TESIS:**

**Efecto del tiempo de germinación en el contenido de  
proteínas solubles y fenoles totales en dos variedades de  
*Amaranthus caudatus* L. “kiwicha” Ayacucho, 2024**

Para optar el título profesional de:  
**BIÓLOGO, ESPECIALIDAD: MICROBIOLOGÍA**

PRESENTADO POR:

**Bach. Nelson William GARCIA PALOMINO**

ASESOR:

**Dr. Raúl Antonio MAMANI AYCACHI**

COASESORA:

**Blga. Rosana Luzía VENTURA CAVERO**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2025**

A mis padres y hermanos, por el apoyo constante e incondicional para mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, institución donde me formé profesionalmente, y de manera especial a la Facultad de Ciencias Biológicas y a la Escuela Profesional de Biología, por brindarme la formación académica y las herramientas necesarias para mi desarrollo profesional.

Expreso mi más sincera gratitud al Dr. Raúl Antonio Mamani Aycachi, asesor de esta investigación, por su asesoramiento, dedicación y el respaldo continuo a lo largo del desarrollo durante la construcción de esta investigación, así como a mi co asesora, la Blga. Rosana Luzía Ventura Cavero, por sus sugerencias y el apoyo brindado en la parte estadística de los datos, lo cual fue fundamental para el desarrollo de este estudio.

Así mismo, a los miembros del jurado por el tiempo dedicado a la revisión y evaluación de mi proyecto, así como por sus observaciones y aportes que contribuyeron a mejorar la calidad de este estudio.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE GENERAL .....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	VIII
RESUMEN.....	X
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Marco conceptual.....	9
2.2.1. <i>Amaranthus caudatus</i> .....	9
2.2.2. Composición Nutricional .....	11
2.2.3. Variedades de kiwicha .....	12
2.2.4. Germinado de semilla de kiwicha.....	16
2.2.4.1. Fases de la germinación .....	16
2.2.5. Prueba de porcentaje de germinación.....	17
2.2.6. Valor nutritivo de semillas germinadas.....	18
2.2.7. Usos del amaranto germinado .....	18
2.2.8. Proteínas .....	19
2.2.8.1. Uso de la proteína del amaranto .....	20
2.2.9. Solubilidad .....	21
2.2.10. Proteínas de reserva.....	21
2.2.11. Cuantificación de proteínas.....	24
2.2.11.1. Método de Lowry.....	24
2.2.12. Compuestos bioactivos de la kiwicha.....	25
2.2.13. Compuestos fenólicos.....	25
2.2.14. Fenoles totales.....	25
2.2.15. Fenoles totales en germinados .....	27
2.2.15.1. Método para fenoles Folin-Ciocalteu .....	28
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1. Ubicación de la zona de estudio .....	29
3.1.1. Ubicación política.....	29
3.2. Población.....	29
3.3. Muestra.....	29
3.4. Metodología y recolección de datos.....	29

3.5. Para la determinación de proteínas solubles.....	31
3.6. Extracción de proteínas de reserva (Según método de Osborne) .....	32
3.7. Cuantificación de la fracción de proteínas de reserva .....	32
3.8. Determinación de porcentaje de germinación .....	32
3.9. Cuantificación de los fenoles totales mediante el método espectrofotométrico de Folín-Ciocalteu.....	33
3.10. Diseño experimental .....	34
3.11. Análisis estadístico .....	35
IV. RESULTADOS .....	36
V. DISCUSION .....	41
VI. CONCLUSIONES.....	53
VII. RECOMENDACIONES.....	54
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS.....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> Evaluación nutricional del amaranto en relación con otros granos.....	12
<b>Tabla 2</b> Características químicas del grano de amaranto. ....	12
<b>Tabla 3</b> Resumen de las características de solubilidad de <i>Amaranthus</i> . ....	23
<b>Tabla 4</b> Comparativa: Fenoles en amaranto germinado vs. no germinado. ....	28
<b>Tabla 5</b> Contenido de fracción proteica en semillas de las variedades INIA 442 – La Frondosa e INIA 413 – Morocho Ayacuchano, grano cristalino de <i>Amaranthus caudatus</i> . L “kiwicha”. ....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> Características estructurales del grano de amaranto.....	11
<b>Figura 2</b> Kiwicha variedad INIA 442- La Frondosa.....	13
<b>Figura 3</b> Grano de Kiwicha INIA 442 – La Frondosa.....	14
<b>Figura 4</b> Kiwicha variedad INIA 413 – Morocho Ayacuchano, grano cristalino.....	15
<b>Figura 5</b> Fases de germinación. ....	16
<b>Figura 6</b> Composición química de los ácidos fenólicos.....	26
<b>Figura 7</b> Porcentaje de germinación de la variedad INIA 442 – La Frondosa y la variedad INIA – 413 Morocho Ayacuchano, grano cristalino de las semillas de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “kiwicha”. ....	37
<b>Figura 8</b> Contenido de proteínas solubles en semillas de las variedades INIA 442 – La Frondosa e INIA 413 – Morocho Ayacuchano, grano cristalino de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “kiwicha”, según el tiempo de germinación. ....	38
<b>Figura 9</b> Contenido de Fenoles Totales en semillas de las variedades INIA 442 – La Frondosa e INIA 413 – Morocho Ayacuchano, grano cristalino de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “kiwicha”, según el tiempo de germinación.....	40

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Certificación de la clasificación taxonómica de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “Kiwicha”, variedad INIA – 442. La Frondosa.....	63
<b>Anexo 2.</b> Certificación de la clasificación taxonómica de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “Kiwicha”, variedad INIA – 413. Morocho Ayacuchano, grano cristalino.....	64
<b>Anexo 3.</b> Gráfica de la curva de calibración para determinar la concentración de proteínas solubles.....	65
<b>Anexo 4.</b> Gráfica de la curva de calibración para determinar la concentración de fenoles totales.....	66
<b>Anexo 5.</b> Prueba de la Normalidad para las proteínas solubles mediante Anderson-Darling. ....	67
<b>Anexo 6.</b> Prueba de la Normalidad para los Fenoles totales mediante Anderson-Darling.....	68
<b>Anexo 7.</b> Evaluación de homogeneidad de varianzas en proteínas solubles mediante la prueba de Levene.....	69
<b>Anexo 8.</b> Evaluación de homogeneidad de varianzas en fenoles totales mediante la prueba de Levene. ....	70
<b>Anexo 9.</b> Prueba de ANOVA bifactorial con interacción aplicada al contenido de proteínas solubles.....	71
<b>Anexo 10.</b> Prueba de ANOVA bifactorial con interacción aplicada al contenido de fenoles totales.....	72
<b>Anexo 11.</b> Evaluación comparativa múltiple de Tukey para contrastar el contenido de proteínas solubles según el tiempo de germinación.....	73
<b>Anexo 12.</b> Evaluación comparativa múltiple de Tukey para contrastar el contenido de proteínas solubles según la variedad de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “kiwicha”.....	74
<b>Anexo 13.</b> Evaluación comparativa múltiple de Tukey para contrastar el contenido de fenoles totales según el tiempo de germinación.....	75
<b>Anexo 14.</b> Evaluación comparativa múltiple de Tukey para contrastar el contenido de Fenoles totales según la variedad de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “kiwicha”.....	76
<b>Anexo 15.</b> Evaluación comparativa múltiple de Tukey para contrastar el contenido de Fenoles totales según la interacción entre la variedad y los tiempos de germinación.....	77
<b>Anexo 16.</b> Contenido promedio de proteínas solubles en (%) en ambas variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “kiwicha”, según al diseño factorial AxB.....	78
<b>Anexo 17.</b> Contenido promedio de fenoles totales en (mg GAE/100g) de las dos variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L., según al diseño factorial AXB.....	79
<b>Anexo 18.</b> Flujograma de la obtención de muestra y extracción de proteínas de las dos variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “kiwicha”. ....	80
<b>Anexo 19.</b> Flujograma del procedimiento para la cuantificación de proteínas de los germinados de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “kiwicha”.....	81
<b>Anexo 20.</b> Flujograma de la extracción de proteínas de reserva de los germinados de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “kiwicha” (según el método de Osborne). ....	82
<b>Anexo 21.</b> Flujograma de la obtención del extracto hidroalcohólico de los germinados de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “kiwicha”.....	83

<b>Anexo 22.</b>	Flujograma de la cuantificación del contenido de fenoles totales de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “kiwicha” por el método de espectrofotometría de Folin – Ciocalteau.	84
<b>Anexo 23.</b>	Muestra de la harina y las semillas de las 2 variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “kiwicha”.	85
<b>Anexo 24.</b>	Muestra de los germinados secos de las 2 variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “kiwicha”.	85
<b>Anexo 25.</b>	Germinados de las 2 variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “kiwicha”, en los diferentes tiempos de germinación.	86
<b>Anexo 26.</b>	Matriz de consistencia	87

## RESUMEN

Este trabajo analizó el efecto del tiempo de germinación sobre el contenido de proteínas solubles y fenoles totales en dos variedades de *Amaranthus caudatus* L. "kiwicha". Para el análisis, se utilizaron muestras pertenecientes a ambas variedades; INIA 442 – La Frondosa e INIA 413 – Morocho Ayacuchano, grano cristalino, germinadas en oscuridad durante el tiempo de 24, 48, 72, 96 horas con tres repeticiones cada una. Se evaluó el contenido de proteínas solubles y el contenido del fraccionamiento proteico mediante el método Lowry. El contenido de fenoles totales se realizó mediante el método de Folin-Ciocalteu. Se observó que la variedad La Frondosa presentó mayor porcentaje de germinación con 90% frente a Morocho Ayacuchano con 87,5%. El contenido de proteínas solubles mostró un incremento significativo ( $p < 0.05$ ) hasta las 72 horas, alcanzando valores máximos de 24,3% en La Frondosa y 21,8% en Morocho Ayacuchano. El fraccionamiento proteico evidenció a las glutelinas como la fracción predominante con 36,80% en La Frondosa y 37,30% en Morocho Ayacuchano, seguidas por las albúminas 30,77% y 31,83%, globulinas con 25,88% y 25,55% y las prolaminas 6,55% y 5,32%, respectivamente. Los resultados indicaron que el contenido de fenoles totales aumentó de manera estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) a partir de la semilla sin germinar con 311,53 mg GAE/100g, hasta alcanzar los valores más altos a las 96 horas con 878,92 mg GAE/100g en La Frondosa y para la variedad Morocho Ayacuchano de 279,50 mg GAE/100g para las semillas sin germinar, hasta 783,79 mg GAE/100g en 96 horas de germinación. Por lo tanto, se concluye que el período de germinación produjo un incremento significativo en el contenido de proteínas solubles y fenoles totales en ambas variedades de kiwicha analizadas, el tiempo óptimo de germinación para maximizar el contenido de proteínas solubles fue de 72 horas, mientras que para fenoles totales fue de 96 horas.

Palabras clave: *Amaranthus caudatus*, proteínas solubles, fenoles totales, germinación.

## I. INTRODUCCIÓN

En una investigación hecha por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos en el año 1975, se seleccionó al amaranto entre los 36 cultivos que fueron identificados como los más prometedores para el cultivo y avance agrícola. La búsqueda eficiente y racional de los recursos vegetales sostenibles es un trabajo crucial para asegurar la seguridad alimentaria a nivel global (Najdi et al., 2016). Desde aquel momento, este grano en particular ha sido el foco de un amplio estudio. La variedad del género *Amaranthus* es amplia, abarcando aproximadamente 70 especies, entre las más relevantes son *Amaranthus caudatus*, *Amaranthus hypochondriacus* y *Amaranthus cruentus*. Estas especies son apreciadas por su elevado contenido de proteínas y sus múltiples características nutraceuticas. Varios estudios químicos han evidenciado que acumulan una serie de metabolitos secundarios, en particular ácidos fenólicos, flavonoides y otros polifenoles, que se producen en respuesta a su pronunciada actividad antioxidante (Aguilar et al., 2019). En comparación con granos alternativos, el amaranto posee la mayor concentración de proteínas, que oscila entre el 11 % y el 20 %. Además, posee el doble de contenido de lisina como aminoácido esencial y presenta niveles de calcio y hierro de 5 a 20 veces mayores (Rastogi y Shukla, 2013).

El Perú cuenta con una diversidad de cultivos de gran valor nutricional y beneficioso para la salud. Numerosos cultivos no se utilizan correctamente, ya que no se incorporan en la alimentación cotidiana, lo que hace que se pierdan oportunidades y bioelementos esenciales para la salud. Entre estos cultivos se incluye a la kiwicha, un pseudocereal que ha sido extensamente investigada debido a su composición nutricional y sus características agronómicas, que incluyen un ciclo de cultivo breve y su capacidad para resistir la sequía (Símpalo, 2022). Aunque el amaranto posee una elevada calidad nutritiva, también contiene diversos compuestos anti nutrientes que pueden reducir la biodisponibilidad de sus nutrientes, en particular su contenido de proteínas. El uso del malteado y la germinación como estrategias eficaces de pretratamiento puede mejorar las características nutricionales de los cereales autóctonos. A partir de estas semillas

germinadas, se producen harinas que conducen al desarrollo de diversos productos para la población. El incremento observado en el contenido proteico durante el proceso de germinación se debe a la movilización y generación de reservas de nutrientes dentro de los granos. Además, el incremento del contenido de fenoles totales está influenciado predominantemente por la presencia de ácido cafeoilquínico en la kiwicha (Pilco et al., 2020). El análisis del fraccionamiento de proteínas revela un perfil de digestibilidad elevado. Las albúminas y las globulinas, que se caracterizan por sus perfiles de aminoácidos bien equilibrados, constituyen más del 50% del contenido total de proteínas. Por el contrario, las prolaminas están presentes en cantidades más bajas entre 4 % y el 5 % en el amaranto debido a sus niveles desequilibrados y bajo contenido de aminoácidos esenciales (Zheleznov et al., 2019)

La información disponible sobre el impacto de la germinación en las características nutricionales y funcionales de la kiwicha es escasa, particularmente en relación con su contenido proteico y fenoles totales. En este contexto, el estudio evaluó el efecto del tiempo de germinación sobre las proteínas solubles y los fenoles totales en dos variedades de *Amaranthus caudatus L.* "kiwicha", desarrolladas en la ciudad de Ayacucho.

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto del tiempo de germinación en el contenido de proteínas solubles y fenoles totales en dos variedades de *Amaranthus caudatus L.* "kiwicha" Ayacucho, 2024.

### **Objetivos específicos**

1. Determinar el contenido de proteínas solubles en germinados de dos variedades de *Amaranthus caudatus L.* "kiwicha" luego de 0, 24, 48, 72, 96 horas.
2. Comparar el contenido de proteínas solubles luego de las 0, 24, 48, 72, 96 horas en semillas y germinados de las dos variedades de *Amaranthus caudatus L.* "kiwicha".
3. Determinar el contenido de fenoles totales en germinados de dos variedades de *Amaranthus caudatus L.* "kiwicha" luego de 0, 24, 48, 72, 96 horas.
4. Comparar el contenido de fenoles totales en extracto hidroalcohólico, luego de las 0,24, 48, 72, 96 horas en semillas y germinados de las dos variedades de *Amaranthus caudatus L.* "kiwicha".
5. Determinar el contenido del fraccionamiento proteico de las semillas de dos variedades de *Amaranthus caudatus L.* "kiwicha".
6. Establecer el porcentaje de germinación de las semillas de dos variedades de *Amaranthus caudatus L.* "kiwicha".

## **Hipótesis de la investigación**

### **Hipótesis general**

El tiempo de germinación incrementa el contenido de proteínas solubles y fenoles totales en las dos variedades de *Amaranthus caudatus* L. "kiwicha".

### **Hipótesis específicas**

1. El tiempo durante el proceso de germinación incrementa el contenido de proteínas solubles en dos variedades de *Amaranthus caudatus* L. "kiwicha" luego de 0, 24, 48, 72, 96 horas.
2. El tiempo durante el proceso de germinación incrementa el contenido de fenoles totales en dos variedades de *Amaranthus caudatus* L. "kiwicha" luego de 0, 24, 48, 72, 96 horas.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Proteínas solubles y fraccionamiento proteico en semillas de *Amaranthus*

Zheleznov et al., (2019) desarrollaron un trabajo de investigación sobre el contenido de proteínas de las semillas de *Amaranthus* en especies silvestres y cultivadas. Dónde se observó una variación del 13 al 21 % en el contenido de proteico, así mismo se estudió la composición fraccional proteica de reserva, siendo en mayor cantidad las globulinas seguida de las glutelinas con 38,4 % y 20,8 % respectivamente. Y en menor cantidad las albúminas y las prolaminas con 18,8 % y 12,6 % respectivamente. De acuerdo con los resultados de proteínas concluyeron que es bastante amplio el rango de variación entre las semillas de las variedades silvestres y cultivadas de amaranto.

López et al., (2018) evaluaron en esta investigación el método de extracción y el tipo de disolvente sobre la capacidad antioxidante y también el contenido de proteínas y fenoles totales en extractos de semillas de amaranto. El contenido de fenoles totales se cuantificó mediante el método de Folin-Ciocalteu, evidenciándose un efecto significativo ( $p \leq 0,05$ ) en los extractos analizados. Entre los resultados obtuvieron un 18,03 % de proteínas en base seca y hasta 619 mg GAE / 100 g en peso seco de fenoles totales. Llegaron a la conclusión que el disolvente óptimo para extraer las semillas de amaranto fue el metanol y que las propiedades antioxidantes de los extractos en estudio no se deben solo a los compuestos fenólicos.

Idowu et al., (2013) en este trabajo de investigación realizaron una evaluación de la calidad proteica en veintinueve variedades de *Amaranthus*, que son representativas de las especies de *A. caudatus*, *A. cruentus*, *A. hybrid*, *A. hypochondriacus* y *A. hybridus*, también el análisis de aminoácidos. Las semillas de cada accesión fueron realizadas en 3 réplicas. El contenido de proteínas en las cinco especies evaluadas osciló entre 11,77 % y 19,01 % y difiere significativamente ( $p < 0.05$ ) entre las accesiones. *A. hybridus* tuvo el más alto contenido de proteínas con 19.01 %, seguido de *A. cruentus* con 18,42 %, *A. hybrid* con 17,96%, *A. caudatus* tiene 17.30 % y *A. hypochondriacus* tiene 15,53. En conclusión el amaranto posee un contenido proteico superior al de ciertos cereales como

el maíz, el trigo, el centeno y la avena. Así pues, puede desempeñar un rol importante en las dietas humanas. De igual forma, la mayor parte de las variedades de amaranto presentó niveles superiores de aminoácidos esenciales.

Pismag et al., (2010) llevaron a cabo un estudio sobre las variaciones en la composición química y el aporte nutricional del grano de amaranto a lo largo de la germinación. Germinaron tres especies de *Amaranthus*, *A. caudatus*, *A. hypochondriacus* y *A. cruentus* por 0, 24, 48 y 72 horas. Los germinados se secaron a 40 °C durante 18 horas y se molieron para los análisis correspondientes. Se analizó en las tres especies el porcentaje de proteínas, siendo mayor el *A. cruentus* a las 48 horas de germinado con un 17,1 %, seguido de *A. hypochondriacus* en 72 horas de germinado con 16,8% y *A. caudatus* a las 48 horas de germinado con 16,3 %. Se sometieron a fraccionamiento proteico, *A. cruentus* donde se observó un mayor contenido de las glutelinas con 29,2 %, seguida de las globulinas con un 22,8 %, albuminas 19,9 %, prolaminas 4,3 %, y *A. caudatus* con mayor contenido en las glutelinas 25,9% seguida de albuminas con 24,3 %, luego las globulinas 21,4 % y por último las prolaminas con 3,8 %. En síntesis, la germinación produce cambios químicos en el grano de amaranto, aumentando ligeramente en el valor proteico del grano, pero disminuyendo su valor nutritivo en la cocción de las semillas germinadas.

Yetunde et al., (2018) efectuaron un estudio cuyo propósito fue determinar la composición bioquímica y nutricional de dos variedades de harina de semilla de *Amaranthus cruentus*, así como evaluar la calidad proteica y la posible utilización de su harina para elaborar alimentos funcionales y nutracéuticos. Se estableció el fraccionamiento proteico a través del esquema de fraccionamiento de Landry y Moreaux por el método de Bradford. Las dos variedades de *Amaranthus cruentus* (PI538319 y PI538326) exhibieron elevados índices de proteína de 15,5 y 16, 1 % respectivamente, estas cifras superan las registradas para el centeno (13 %), maíz (9 %), el arroz (7 %) y el trigo sarraceno (12 %) (Rastogi & Shukla, 2013), en cambio, en los índices de fraccionamiento proteico la glutelina obtuvo el mayor porcentaje con 32,5 % y 25,1 %; seguida por las albuminas con 20,4 % y 25,4 %; luego las globulinas con 20,5 % y 20,4 %; y en menor cantidad las prolaminas con 0,8 % y 1,0 %. Por lo tanto, los perfiles de proteína y la composición nutricional evidencian que esta harina de semillas puede cubrir las demandas proteicas de un adulto.

Venskutonis y Kraujalis, (2013) Esta investigación se centra en la composición del amaranto, como el contenido de proteínas y su fracción proteica, también los fenoles totales dando a conocer sus aplicaciones y propiedades. Evaluando la biomasa y la composición nutricional de dos variedades de *Amaranthus cruentus*, dando como

resultado en el contenido de proteínas un valor de 15,4 % y 14,2 %. Las concentraciones porcentuales en su fracción proteica de albuminas, globulinas, prolaminas y glutelinas que fueron aisladas por extracciones secuenciales de la proteína total son 40%, 20,9%, 3% y 30 % respectivamente. La cuantificación de fenoles totales fue en dos variedades de *Amaranthus cruentus* (Aztec y Rawa), se tuvo como resultado 440 mg GAE, y del otro 400 mg GAE, respectivamente. Concluyen que la investigación sobre el amaranto tiene un impacto considerable en la comercialización y utilización más amplia de las materias primas en la alimentación humana y otras aplicaciones.

Gamarra, (2021), Se evaluó un análisis del perfil nutricional y funcional de la harina de *Amaranthus hybridus* L., analizando los efectos en distintos periodos de germinación. Empleando un diseño completamente aleatorio (DCA), se sometieron a germinación las semillas de *Amaranthus hybridus* (sangorache) a intervalos de 48, 72 y 96 horas, todo ello mientras se mantenían condiciones reguladas de temperatura estable de 25°C y una ausencia total de luz. Se observó una disminución progresiva del contenido proteico conforme avanzó el tiempo de germinación, comenzando desde 17,24 % en las semillas no germinadas, a las 48 horas con 14,02 %, seguida de una reducción al 13,53 % a las 72 horas y culminando a las 96 horas con 13,07 %, en la que se observó una reducción significativa en las proteínas, fenómeno que puede atribuirse a la movilización de reservas para el crecimiento de la plántula y sostener adecuadamente su desarrollo vegetativo.

Donazzolo et al., (2017) el estudio se orientó a determinar cómo la temperatura, la iluminación y distintos tipos de sustratos influyen en el proceso germinativo de semillas de amaranto. El marco experimental se diseñó como un esquema de tres factores, con dos temperaturas distintas, dos condiciones de luz y cuatro tipos de sustratos. Esto se llevó a cabo mediante un diseño experimental totalmente aleatorio, que incorporó cuatro réplicas de 100 semillas cada una. Se observó una interacción significativa de tres elementos entre los factores temperatura, condiciones de iluminación y sustrato utilizados en la evaluación de la germinación. Los resultados indicaron que la temperatura ideal para la germinación de semillas de amaranto es de 25 °C, en ausencia de luz, utilizando un sustrato de rollo de papel, logrando una tasa de germinación del 87%. Así mismo, Estas condiciones establecidas pueden emplearse en las evaluaciones de germinación de los lotes de semillas para determinar su calidad.

### **2.1.2. Contenido de fenoles totales en semillas de *Amaranthus***

Paško et al., (2008) en su trabajo de investigación analizaron los fenoles totales y flavonoides en semillas y germinados de *Amaranthus cruentus*. Evaluaron extractos de

dos variedades (*A. cruentus Rawa* y *A. cruentus Aztek*), cultivados en condiciones naturales y en oscuridad. Fueron germinados de 96 horas a 144 horas a una temperatura de 20 °C, la mitad de los germinados fue expuesta a iluminación natural durante el día, mientras que el resto se mantuvo en ausencia total de luz. Teniendo como resultado ligeramente mayor en *A. cruentus Aztek* con 464 mg GAE y menor en *A. cruentus Rawa* con 424,6 mg GAE. La cantidad de fenoles totales en los germinados fue mayor el de *A. cruentus Rawa* en las condiciones naturales con 392,6 mg GAE, como también en la oscuridad con 396,1 mg GAE, en el *A. cruentus Aztek* en condiciones naturales fue 380,7 mg GAE y en la oscuridad 370,3 mg GAE.

Pilco et al., (2020) desarrollaron un estudio dirigido a evaluar cómo la germinación y el posterior secado al horno, influye en el nivel proteico y compuestos fenólicos en determinadas especies peruanas seleccionadas de amaranto, entre ellas Oscar Blanco y de quinua (Chullpi). El proceso de germinación se ejecutó durante 24, 48 y 72 horas a 22 °C, seguido de un secado a 90 °C por 5 min. Ambos procedimientos incrementaron el contenido proteico, resultando en un 15,4 % sin tratamiento y un 23,7 % a las 72 horas de germinado y secado al horno, dando como resultado un 16,3%. Además, tanto el secado en horno como la germinación incrementaron claramente la cantidad de fenoles totales en la kiwicha. Tras 72 horas de germinación sin secarse, se obtuvieron 431,3 mg / 100 g, mientras que el secado produjo un aumento hasta 450,4 mg / 100 g, los resultados mostraron un aumento significativo con un ( $p < 0,05$ ) en la concentración de los fenoles totales respecto a las muestras sin tratamiento. De acuerdo con los resultados, se concluye que los procesos de secado y germinación mejoran el perfil nutricional del amaranto, promoviendo su empleo como componentes en alimentos funcionales destinados a individuos con requerimientos dietéticos especiales, como productos libres de gluten.

Aguilar et al., (2019) se menciona en el trabajo de investigación que tiene como el propósito central el evaluar la actividad antioxidante presente en cuatro tipos de semillas germinadas de Centenario, Cristalino, Oscar Blanco y Taray de *Amaranthus caudatus* L. en comparación con las semillas no germinadas. Para medir el contenido total de fenoles se utilizó el método analítico de Folin-Ciocalteu. Los resultados indicaron que la variedad Cristalino mostró una germinación superior, alcanzando una altura de 3 cm, mientras que todas las variedades mostraron una tasa de germinación del 50 % en 6 días. Además, se concluyó que las variedades Cristalino y Oscar Blanco de semillas no germinadas presentaron más cantidad de fenoles totales, con 678 mg GAE / 100 g y 720 mg GAE / 100 g respectivamente, mientras que en las semillas germinadas de las variedades cristalino y taray mostraron un aumento significativo. En consecuencia, los

germinados de las variedades cristalino y taray mostraron una actividad antioxidante superior en comparación con las semillas no germinadas, lo que se relaciona directamente con el aumento registrado en la concentración de fenoles totales.

Alarcón, (2022) realizó un estudio con el objetivo de evaluar cómo el periodo de germinación afecta los niveles de fenoles totales, el contenido proteico y la capacidad antioxidante en dos cultivares de *Amaranthus caudatus*, específicamente en las variedades de Oscar Blanco y Centenario. Que fueron sometidas a períodos de germinación de 24, 48 y 72 horas. La determinación de los fenoles totales se llevó a cabo mediante el método Folin-Ciocalteu, por su parte, la concentración proteica fue determinada empleando el método Kjeldhal. En cuanto a los fenoles totales, se observó un incremento significativo en su nivel dentro de los granos de kiwicha, pasando de 301,54 mg GAE / 100 g en semillas no germinadas a 351,24 mg GAE / 100 g, en la variedad Oscar Blanco se registró el valor más elevado a las 72 horas de germinación, evidenciándose además un incremento significativo de 275,31 mg GAE / 100 g para la variedad Centenario no germinada a 345,80 mg GAE / 100 g, observándose el contenido máximo a las 72 horas de germinación. Por otra parte, los niveles de proteína mostraron un aumento notable, del 13,10 % en la variedad Oscar blanco no germinada al 14,95 %, el más alto registrado después de 72 horas de germinación; para la variedad Centenario, el contenido de proteína aumentó del 13,13 % sin germinar, hasta 14,08 % después de 72 horas de germinación. Concluyó que la duración de germinación favoreció un incremento significativo, tanto en los fenoles totales como en la concentración de proteínas, en las dos especies de amaranto analizadas.

Klimczak et al., (2010) realizaron un estudio donde evaluaron la actividad antioxidante de extractos etanólicos de semillas de amaranto. En la cual se evaluó la presencia de concentración de los fenoles totales, obtenidos en las dos variedades *Amaranthus*, mediante el método de Folin-Ciocalteu, donde existe diferencias significativas en los perfiles de fenoles totales. Los resultados fueron 295,50 mg GAE de *Amaranthus caudatus* y 106,86 mg GAE de semillas de *Amaranthus paniculatus*.

Sarmiento y Pachari, (2022) realizaron una investigación donde determinaron la influencia de la duración de germinación afectaba en dos eco tipos de amaranto los compuestos bioactivos. Su análisis se centró, uno de semilla rosado y otro de semilla negra, utilizando un diseño comparativo con periodos de germinación de 0, 24, 48 y 72 horas. La evaluación en fenoles totales se realizó utilizando la metodología de Swain y Hillis, empleando el reactivo Folin-Ciocalteu, mientras que la cuantificación de las proteínas se realizó siguiendo el método de Kjeldahl. Los dos eco tipos de kiwicha sometidos a los periodos de germinación especificados arrojaron un porcentaje de éxito

germinativo del 95 %. Respecto al contenido proteico, los granos de color negro mostraron los valores más altos, con 17,9 %, mientras que los granos rosados con 15,5 %, en ambos casos a las 72 horas de germinado. En cuanto a los fenoles totales, el efecto de 72 horas de germinación tuvo mayor cantidad en kiwicha grano negro con 926 mg GAE / 100 g, mientras que en menor cantidad en kiwicha grano rosado con 574 mg GAE / 100 g. En consecuencia, a medida que avanzó el proceso de germinación, se observó un incremento progresivo tanto en el contenido proteico como en la cantidad de fenoles totales, y los valores cuantificables en los granos en amaranto rosado fueron menores que en granos de amaranto de color negro.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. *Amaranthus caudatus***

La kiwicha o amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) es un grano andino de los más importantes que se produce en el Perú, que fue domesticado hace miles de años, entre las regiones productoras destacan Apurímac, Cusco y Ancash. El amaranto es considerado como pseudocereal, pero en absoluto pertenece al grupo de gramíneas; sus semillas pueden ser procesadas mediante molienda para generar harina y así aprovecharlas como cosechas de cereales por culturas precolombinas de la región andina (Prudencio et al., 2023).

En el Perú la kiwicha está dentro de las 12 especies del género *Amaranthus*, hace milenios fue domesticada en los Andes y Centroamérica. En el Perú, se encontraron semillas de kiwicha en tumbas prehispánicas de 4000 años de antigüedad y en la actualidad está retomando el valor que tenía en la antigüedad, por los preciados descubrimientos que se dieron, por tal razón se tuvo la necesidad de conservar el material genético en muchas estaciones especializadas como Canaán en Ayacucho, CICAS La Raya en Cusco, en Cajamarca lleva como nombre Baños del Inca, en Huancayo lleva como nombre Santa Ana, y en Huaraz es Tingua (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú, 2019).

La planta de la kiwicha (*Amaranthus caudatus*) que pertenece a la familia Amarantácea y que tiene un tallo alto ramificado terminando en inflorescencia larga con diferentes colores, recibe distintas denominaciones como en Cusco se le conoce como kiwicha; en Ayacucho como achita; en Cajamarca como coyo; en Arequipa como camaya y en Ancash recibe el nombre de achis (Alarcón, 2022). Las zonas de mayor producción están en los departamentos de Ayacucho, Arequipa, Cusco, Ancash, Junín, Cajamarca y Huánuco (Pérez, 2010).

#### **a. Clasificación Taxonómica**

Taxonomía. Según Cronquist (1981), citado por (Campos, 2024)

División : Angiospermae  
Clase : Equisetopsida  
Subclase : Magnoliidae  
Orden : Caryophyllales.  
Familia : Amaranthaceae.  
Género : *Amaranthus*  
Especie : *Amaranthus caudatus* L.

Nombres comunes: En español es amaranto; en inglés es amaranth, así como kiwicha en Cusco, en Ayacucho es achita, achis (Huaraz-Perú), en Cajamarca es cayo, Sangorache, Ataco; Quinoa de Castilla (Ecuador), Coimi (Bolivia), Millmi (Argentina), Alegria y Huaythi (México), Rejgira, Ramdana (India) (Mujica et al., 2018).

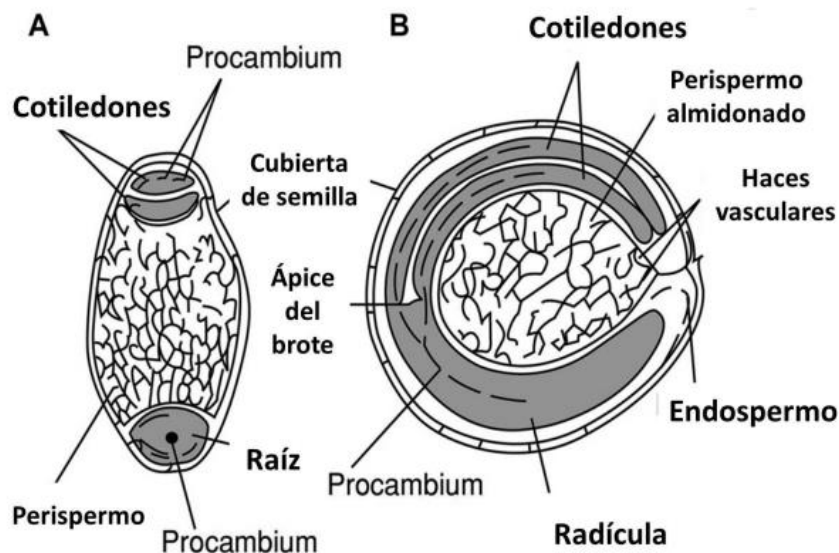
#### **b. Descripción botánica**

*Amaranthus caudatus*, es una planta dicotiledónea que posee un tallo central de aproximadamente 2 a 2.5 m de altura en la madurez, también hay algunas variedades más pequeñas. El período de crecimiento del cultivo oscila de 120 y 170 días. Presenta ramas cilíndricas que pueden surgir desde zonas inferiores de la planta, dependiendo del tipo. Su raíz primaria es corta, mientras que las laterales se proyectan verticalmente hacia el suelo. El tallo principal sostiene flores llamativas y, con frecuencia, las inflorescencias alcanzan longitudes cercanas a los 90 cm. Estas estructuras florales pueden observarse erguidas, semi erguidas o abiertas, y en cada panoja coexisten flores masculinas y femeninas que se reproducen por autopolinización, aunque también interviene la dispersión por el viento. Además, poseen frutos que contienen una única semilla, con muchos colores desde el negro, rojo, marfil y blanco, todas las semillas poseen una cubierta brillante y el endospermo es envuelto por el embrión que es de forma curva, no posee saponinas amargas como la quinua. Posee usualmente 32 y ocasionalmente 34 cromosomas (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú, 2015).

#### **c. Semilla**

La semilla de amaranto es completamente diferente a los cereales verdaderos. El amaranto es considerado un pseudocereal por algunos autores, sus semillas son de un color dorado cremoso y tienen una forma lenticular con un diámetro de

aproximadamente 1mm, que va de 0.9 a 1.7 mm. Su perispermo almidonado es rodeado por su embrión, que se encuentra lleno de gránulos de almidón. Los dos cotiledones, la radícula, la hipocótilo y la radícula del brote son visibles en la sección longitudinal de la Fig. 1. El embrión está cubierto por la cubierta de la semilla, el endospermo y el pericarpio, que son similares a la fracción de salvado en cereales (D'Amico y Schoenlechner, 2018).



**Figura 1. Características estructurales del grano de kiwicha.**

La (A) estructura interna del grano de amaranto observada en corte transversal. (B) estructura del grano de amaranto visualizada mediante un corte longitudinal (wood et al., 1981).

El amaranto posee más grasa y proteínas en comparación de algunos cereales verdaderos, ya que tiene capas externas que presentan un contenido elevado de proteínas y lípidos. La tabla 1 resume la composición general de los macronutrientes (D'Amico y Schoenlechner, 2018).

### 2.2.2. Composición Nutricional

El amaranto destaca por su elevado aporte de aminoácidos, predominando entre ellos la leucina, lisina y glicina. Presenta un contenido proteico aproximado del 15 %, cifra superior a la de los cereales de consumo común como arroz (5,6%), trigo un 12,8 % y maíz con 9,4 %. Asimismo, contiene el doble de lisina respecto a estos granos, aminoácido considerado limitante en la mayoría de cereales. También aporta mayor cantidad de fibra dietética, también contenido alto de calcio y hierro (**Tabla 1**) (Venskutonis y Kraujalis, 2013), por lo que constituye una alternativa nutricional valiosa para complementar otras fuentes vegetales. En 100 g de kiwicha de encuentra alrededor de 14,5 g de proteínas, 383,3 calorías, 60,4 g de carbohidratos, 7,5 g en grasa, además

de 368,5 mg en calcio y 475,5 mg de fósforo. Su valor nutricional es comparable al de la avena sin cáscara e incluye vitaminas del complejo B y vitamina E (Pérez, 2010). En la **Tabla 2** se muestran la composición química del grano de amaranto.

**Tabla 1** Evaluación nutricional del amaranto en relación con otros granos.

Composición química (*)	Amaranto	Trigo	Maíz	Arroz	Avena
Proteína	19.0	12.8	9.4	5.6	15.8
Grasa Cruda	6	1.7	4.7	0.6	6.9
Carbohidratos	62	71	74	79.4	66
Fibra Cruda	5.6	2.3	3.0	0.3	3
Calcio	0.27	0.30	0.007	0.009	0.054
Hierro	0.015	0.004	0.003	0.005	0.005
Calorías	414	334	365	360	389

(\*) = g / 100 g de muestra en base seca. **Fuente:** (Cai et al., 2004)

**Tabla 2** Características químicas del grano de amaranto.

Composición química (*)	Contenido	Promedio
Proteína	12 – 19	16.53
Carbohidratos	71.8	65.98
Lípidos	6.1 – 8.1	4.52
Fibra	3.5 – 5.0	10.38
Cenizas	3.0 – 3.3	2.59

(\*) = g / 100 g de muestra en base seca. **Fuente:** (Cai et al., 2004)

### 2.2.3. Variedades de kiwicha

#### 2.2.3.1. Variedad INIA 442 – La Frondosa

La variedad recientemente desarrollada INIA – 442 La Frondosa, también conocida como “rendidora”, se originó a partir de una selección local compuesta por diez cultivares de kiwicha recolectadas en los distritos de Quinua y Acos Vinchos, ubicados en la

provincia Huamanga, región Ayacucho donde corresponde al Compuesto Población Blanca Decumbente (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2020).

**a. Descripción**

Porte de planta	: Decumbente
Color tallo en la floración	: Verde
Color tallo en la madurez fisiológica	: Amarillo
Forma de panoja	: Amarantiforme
Color de la inflorescencia en la floración	: Verde
Color de la inflorescencia en la madurez fisiológica	: Amarillo claro
Altura de planta en cm	: 195 - 205
Longitud de planta en cm	: 195 - 205
Longitud panoja en cm	: 48 - 59.60
Color de grano	: Blanco
Tipo de semilla	: Harinoso



**Figura 2. Kiwicha variedad INIA 442- La Frondosa**  
**Fuente:** (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2020).

La adaptación de la variedad INIA 442 – La Frondosa posee un rango desde los 2500 hasta 2900 m.s.n.m., su evaluación se llevó a cabo en zonas de valles interandinos pertenecientes al departamento de Ayacucho (Estrada, 2020). En cuanto a la reacción

a enfermedades, mostró tolerancia a la roya blanca (Albugo bliti) y tolerante a Manchas Foliares (Phoma sp.).



**Figura 3. Grano de Kiwicha INIA 442 – La Frondosa**

**Fuente:** (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2020).

#### **2.2.3.2. Variedad INIA 413 – Morocho Ayacuchano, grano cristalino**

La variedad kiwicha INIA - 413 Morocho Ayacuchano, grano cristalino; destaca por ofrecer altos rendimientos y buena calidad nutricional para el consumo humano. Puede emplearse tanto como grano entero o procesado en hojuelas, y presenta un ciclo vegetativo semi precoz (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú & Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2006).

##### **a. Origen**

El desarrollo la variedad INIA 413 Morocho Ayacuchano se obtuvo mediante el método de selección panoja-surco. Seleccionando las mejores plantas y semillas para la reproducción de acuerdo con el estado de la panoja y al surco cultivado. Su origen se vincula al Banco de Germoplasma Recursos Genéticos de la Estación Experimental Agraria Canaán, específicamente de la línea CCA025 (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú & Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2006).

##### **b. Descripción**

Hábito de crecimiento	: Erguido
Color de su inflorescencia	: Rosado cremoso
Color del tallo en la madurez fisiológica	: Rosado claro
Longitud de panoja	: 40 - 60 cm
Color de grano	: Amarillo claro

Tipo de cubierta	: translúcida
Forma de la semilla	: Ovoide
Altura de la planta	: 220 cm
Días a floración	: 95
Días de madurez	: 155 - 160
Altura de la planta	: 220 cm
Rendimiento potencial	: Hasta 4.0 t/ha
Rendimiento en campo	: Hasta 3.0 t/ha

**Fuente:** (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú & Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2006).



**Figura 4. Kiwicha variedad INIA 413 – Morocho Ayacuchano, grano cristalino**

**Fuente:** (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2011).

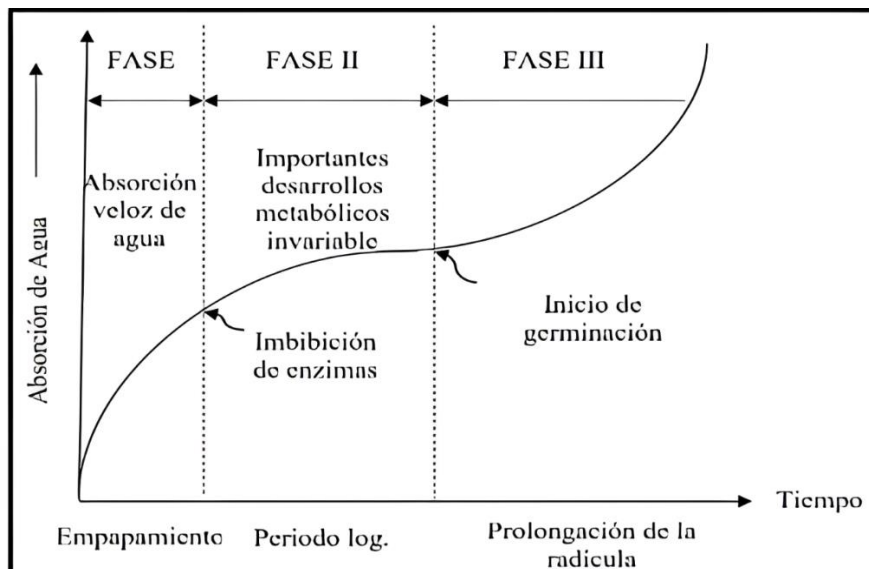
La adaptación de la variedad grano cristalino INIA 413 – Morocho Ayacuchano, presenta un desempeño agronómico más favorable en los valles de la sierra ubicados por encima de los 1500 a 3000 m.s.n.m. Para el buen manejo del cultivo de kiwicha requiere una siembra entre los meses de octubre y diciembre dentro de un esquema de rotación de cultivos, aprovechando el inicio de las lluvias estacionales, pudiendo alternarse con leguminosas como la haba, lenteja, arveja, frijol, maíz y papa. En un suelo fértil, ricos en materia orgánica y de buen drenaje. En caso de la tolerancia a las enfermedades y plagas, es muy tolerante a las manchas foliares ocasionadas por *Phoma sp.* y *Alternaria sp.*, tiene moderada resistencia a la roya blanca (*Albugo bliti*), es la enfermedad que

tiene mayor ataque en zonas por donde crece la kiwicha. También es tolerante a la *Diabrotica sp.* que es un minador de follaje (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú & Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2006).

#### 2.2.4. Germinado de semilla de kiwicha

La germinación es un proceso biológico basado en la recuperación de la actividad metabólica de las semillas y el crecimiento activo del tejido embrionario, que implica cambios en la actividad enzimática del grano y la hidrólisis de macromoléculas (Sánchez et al., 2018), Son una serie de procesos metabólicos que conducen a la germinación de las semillas. Convierte los embriones en plántulas que crecen sin ayuda de otras sustancias, liberando enzimas diastasas para activarse, las cuales desencadenan así las reacciones metabólicas (Goyoaga, 2005).

El proceso de germinación comprende varias fases: primero, la hidratación, que implica la incorporación de agua y constituye el paso inicial indispensable para que el proceso progrese (Figura 5), La Fase 1; luego, la etapa de germinación propiamente dicha, caracterizada por la puesta en marcha de la actividad enzimática, el metabolismo respiratorio, la translocación normal de la plántula y asimilación de las reservas de alimentos requeridas, La Fase 2; finalmente, ocurre la fase de crecimiento, donde la división celular permite la emergencia de la plúmula y la radícula, Fase 3 (Azcón, 2008).



**Figura 5.** Fases de germinación.

**Fuente:** (Azcón, 2008).

##### 2.2.4.1. Fases de la germinación

###### a. Fase de hidratación

El primero evento que ocurre durante la germinación de la semilla es en la incorporación de agua a través de sus diferentes estructuras, con énfasis en aquellas que conforman el embrión. Esto suele ir acompañado de un correspondiente aumento de la actividad respiratoria, la hidratación es un proceso físico cuyo tiempo depende de la especie (Sánchez et al., 2018), la absorción de agua por parte del embrión y el endospermo provoca hinchazón y ablandamiento de la cubierta de la semilla, y posterior ruptura de estas estructuras ablandadas (Holman y Robbins, 1982).

#### **b. Fase de Imbibición (F1)**

En esta etapa, el tejido embrionario se activa a través de la hidratación, este ingreso de agua activa una serie de procesos metabólicos esenciales para el posterior desarrollo del brote, tal como se observa (Figura cinco). El grado de hidratación del embrión varía en función del tipo de semilla (González et al., 1997).

#### **c. Fase de Germinación (F2)**

Esta fase representa el verdadero proceso de germinación, durante esta fase se produce una estimulación de los procesos metabólicos de la semilla como consecuencia de la disminución de la captación de agua, esto es muy importante para el período final de avivamiento del brote, la etapa de desarrollo (González et al., 1997), esta etapa está determinada por la síntesis y degradación de sustancias almacenadas en la semilla. Las sustancias de almacenamiento como almidones, hemicelulosa, proteínas y grasas son sustancias insolubles o coloidales que no pueden transportarse de la célula a otra y no pueden usarse para formar protoplasma y paredes celulares hasta que se conviertan en formas solubles y difusibles (Pérez y Pita, 1999).

#### **d. Fase de crecimiento (F3)**

En esta etapa, a medida que aumenta la actividad metabólica, el embrión crece y atraviesa las cubiertas de la semilla, generando la ruptura de la testa y permitiendo la salida de la estructura embrionaria, la plántula comienza a desarrollarse. Esta etapa varía según la especie implicando un alto gasto de energía obtenido al movilizar las reservas de nutrientes del grano (González et al., 1997).

### **2.2.5. Prueba de porcentaje de germinación**

Esta prueba suele prepararse en el laboratorio y tiene parámetros establecidos, se basa en colocar las semillas en un sustrato húmedo, lo que determinará si son aptas para seguir creciendo con normalidad; para el normal crecimiento de las semillas se deben buscar condiciones óptimas y controladas que les permitan alcanzar un buen nivel de

desarrollo, constituyendo así las estructuras principales y necesarias de la plántula (García et al., 2016)

Esta prueba se realiza sobre una muestra de semillas y los resultados ayudarán a determinar el porcentaje de semillas que tienen la capacidad de germinar. Un mal manejo de las semillas desde la cosecha hasta el almacenamiento reducirá las tasas de germinación, y si las tasas de germinación son inferiores al 80% cuando se analizan, esto es un indicio de mala calidad de las semillas (García et al., 2016).

#### **2.2.6. Valor nutritivo de semillas germinadas**

La germinación modifica la estructura química interna del grano, en consecuencia, también transforma su aporte nutricional. En el proceso de germinación, las macromoléculas de reserva como carbohidratos y las proteínas son hidrolizadas, al mismo tiempo que se incrementan los niveles de compuestos fenólicos, carbohidratos solubles, disponibilidad de vitaminas como ácido ascórbico y la riboflavina, y la actividad antioxidante. También, incrementa la absorción de minerales y digestibilidad del amaranto, mientras que disminuyen componentes antinutritivos, entre ellos el ácido fítico (Guardianelli et al., 2022).

La kiwicha contiene globulinas, albúminas, glutelinas y prolaminas como componentes.

Durante la germinación se observa un aumento en el contenido de albúmina y una disminución en la fracción globulina; sin embargo, la suma total entre ambas proteínas se mantiene estable (Colmenares y Bressani, 1990).

Los germinados representan una fuente relevante de carbohidratos, aminoácidos, fibra dietaria y ácidos grasos poliinsaturados beneficiosos para el sistema cardiovascular. Presentan además vitaminas como C, ácido fólico (B9), provitamina A (betacarotenos), K y E, y minerales importantes como potasio, magnesio, hierro, calcio y Zinc. En el caso de los pseudocereales germinados, también aportan enzimas que favorecen los procesos digestivos (Kylan y Mccready, 1975).

En los pseudocereales, tanto en sus semillas como en sus germinados, el ácido fenólico predominante es el ácido gálico. Asimismo, las variaciones de luz durante el proceso de germinación no influyen en contenido total de compuestos fenólicos (Paško et al., 2008).

#### **2.2.7. Usos del amaranto germinado**

Dentro del sector alimentario, el amaranto sometido a germinación se emplea como recurso para optimizar el aporte nutricional de diversos productos. Por ejemplo, en la pesca, el amaranto germinado se ha utilizado para producir geles de filetes de tilapia picados (reconstituidos), en estos productos no se observaron cambios en sus

propiedades físicas, mientras que un aumento significativo en su contenido de fibra dietética podría utilizarse como un componente funcional en la formulación de alimentos pesqueros enriquecidos en componentes bioactivos (Pérez et al., 2023).

Cuando la harina obtenida a partir de amaranto germinado se combina con harinas alternativas, como las derivadas del trigo que se utilizan para hornear, la composición nutricional se fortalece, ya que el índice glucémico se reduce y se incrementa la presencia de ácidos grasos insaturados vitales, específicamente los ácidos linoleico y linolénico, y lisina. Asimismo, la capacidad antioxidante y el contenido fenólico resultan superiores a las del pan producido a partir de la harina de granos sin estar germinados (Guardianelli et al., 2022).

El germinado de la kiwicha representa una opción viable en la elaboración de alimentos libres de gluten con mayor contenido fenólico y mejor capacidad antioxidante. Investigaciones realizadas sobre el efecto de sustituir completamente la harina de trigo por harina de amaranto germinado en la elaboración de productos libre de gluten como las galletas señalan una disminución del contenido lipídico y una elevación en la cantidad total de fibra dietética, proteínas y la acción antioxidante; además, estas galletas mostraron mejores características funcionales, mayor aceptación y un perfil nutricional más favorable en comparación con aquellas preparadas con harina sin estar germinado de kiwicha (Chauhan et al., 2015).

El germinado de la kiwicha también se ha empleado en la elaboración de productos panificados libres de gluten, logrando resultados favorables en cuanto a aceptación sensorial, mayor expansión del pan y una textura interna más esponjosa. Una línea interesante de investigación futura son los beneficios nutricionales y propiedades técnicas para la elaboración de bebidas alcohólicas tipo cerveza (Solano, 2018).

Así mismo, su uso se ha extendido a la fabricación de snacks, como alimentos funcionales en barra ricas en proteínas y de excelente aceptación. Se ha empleado también la kiwicha germinada en forma de harina en el desarrollo de pasteles libre de gluten y sin la necesidad de huevo, mediante una mezcla de la germinación de la soja, destinados a individuos que poseen enfermedades celíacas, obteniéndose alimentos con un perfil nutricional sobresaliente (Agrahar et al., 2018).

#### **2.2.8. Proteínas**

Las proteínas son macromoléculas formadas por cadenas de aminoácidos, para formar su estructura se unen a varias cadenas lineales y hay diversos aminoácidos. En el organismo humano estas sustancias recuperan funciones biológicas, entre sus funciones esenciales destacan la formación y reparación de tejidos, así como su papel

en la producción de anticuerpos, enzimas y hormonas y como componente de la sangre, entre otras necesarios para el adecuado funcionamiento del organismo (Dergal, 2015).

La proteína es un macronutriente muy importante para mantener la estructura corporal y es necesaria para el crecimiento. Las proteínas son los principales componentes estructurales y funcionales de las células. La importancia de las proteínas en la dieta radica en su capacidad de proporcionar aminoácidos para mantener las proteínas corporales y aumentar las proteínas durante el crecimiento. La restricción de la ingesta de proteína produce un retraso en el crecimiento (Martínez y Martínez, 2016).

Las proteínas de la semilla de amaranto se clasifican de diversas formas de acuerdo con su solubilidad, composición, función biológica y su estructura; la solubilidad permite agruparlas en 4 categorías, entre ellas las albúminas, que se disuelven en agua, y las globulinas, que son solubles a soluciones salinas, prolamina; (soluble en solución alcohólica) y glutelina (soluble en solución de hidróxido de sodio) (Cordero et al., 2005). Las principales proteínas de almacenamiento del amaranto son la globulina y la albúmina. La proporción de estos componentes puede afectar en las características funcionales de la proteína de amaranto, incluidas sus capacidades de emulsificación, espumación y gelificación, lo que las hace atractivas para su aplicación en productos alimenticios funcionales (Montoya et al., 2014).

Dentro de los aislados proteicos de kiwicha, las globulinas representan la fracción predominante, destacando globulina once S o también conocida amaranto como el componente central. Además, el grano contiene otras proteínas relevantes, como el superóxido dismutasa, que participa en la neutralización de radicales libres generados a nivel celular y prevenir daños en el sistema biológico del grano (Montoya et al., 2014).

#### **2.2.8.1. Uso de la proteína del amaranto**

El amaranto posee propiedades antitumorales de los péptidos bioactivos; han demostrado que los péptidos derivados del amaranto son una alternativa interesante en la búsqueda de nuevos tratamientos contra el cáncer. En 2018, Silva Sánchez y colaboradores informó sobre la existencia, caracterización y propiedades anticancerígenas del péptido lunasin extraído de las semillas de amaranto. Se encontraron resultados similares con las glutelinas, que indujo la apoptosis en células de cáncer de cuello uterino HeLa después de la digestión con tripsina (Silva Sánchez et al., 2018). Además, otros autores reportaron la actividad antitumoral de aislados proteicos obtenidos de semillas de *Amaranthus* contra líneas de adenocarcinoma colorectal humano, osteosarcoma de rata y osteoblasto de ratón. Estos resultados enfatizan la importancia de continuar estudiando la actividad biológica de los péptidos

extraídos del amaranto e identificar los compuestos biológicos involucrados en la respuesta antitumoral y sus mecanismos de acción, lo que permitirá su uso racional en terapia (Barrio y Añón, 2016).

### **2.2.9. Solubilidad**

Las proteínas solubles son cadenas globulares de aminoácidos con radicales libres que pueden ionizar el agua. Al estar en solución, la proteína queda rodeada por moléculas de agua que forman una capa de solvatación, la cual evita que estas se unan entre sí y se desestabilicen, lo que impediría que se precipite o la insolubilidad. Están presentes en los tejidos biológicos y realizan principalmente funciones estructurales y enzimáticas (Geraldo, 2021).

La solubilidad de las proteínas cambia con los cambios de pH, temperatura concentración de sal, etc. En términos generales, las proteínas globulares son solubles en agua porque los radicales (-R) de superficie de la proteína forman enlaces débiles con el agua a través de puente de hidrógeno. Dado que las proteínas son generalmente más grandes, forman dispersiones coloidales, es decir, no forman soluciones por sí mismas (Geraldo, 2021).

### **2.2.10. Proteínas de reserva**

Son proteínas que se acumulan en semillas, granos o tejidos vegetales durante el desarrollo de la planta y su función principal es aportar nutrientes (especialmente aminoácidos y nitrógeno) en la germinación. Las proteínas de reserva no participan en la actividad metabólica activa, sino que sirven como depósito de energía y materiales estructurales para el embrión (Müntz, 1998).

Las proteínas de reserva se acumulan en estructuras concretas conocidas como cuerpos proteicos, que se reparten de forma aleatoria en el citoplasma. En ocasiones, se pueden diferenciar dos estructuras dentro del grano, donde se acumulan compuestos como potasio, fitinas y ácido fítico es en globoide y el cristalobide (cristal proteico). A lo largo del proceso germinativo, compuestos son degradados hidrolizados y se trasladan hacia el embrión en crecimiento, transformando de esta manera en las estructuras de almacenamiento que los contienen. En la etapa de vacuolización, los cuerpos proteicos aumentan de tamaño. Se estima que alrededor del 70 % de la dieta humana procede directamente de granos, y gran parte del resto proviene de animales que dependen de ellas como sustento. Actualmente, se llevan a cabo numerosas investigaciones sobre la calidad nutricional de las semillas, en particular en las leguminosas y cereales (Shewry y Halford, 2002).

Las proteínas se pueden clasificar según su solubilidad, esta fue desarrollado por Osborne en 1924 y se compone de cuatro fracciones diferentes:

- Albúminas: solubles en agua y en buffer diluido (pH 8).
- Globulinas: solubles en soluciones salinas y son insolubles en agua.
- Glutelinas: solubles en soluciones ácidos y bases diluidas.
- Prolaminas: son solubles es alcoholes (en etanol entre el 70 % y 90%)

#### **a. Albúminas**

Corresponden a proteínas solubles en agua ricas en aminoácidos esenciales como la lisina. Las proteínas globulares se encuentran principalmente en las legumbres y suelen tener una estructura compacta e ir acompañadas de residuos de cisteína. También se encuentran en cereales y pseudocereales, así como en plantas. Estas proteínas tienen propiedades inhibitorias de tripsina o  $\alpha$ -amilasa y funcionan como inhibidores de enzimas proteasas, pero también actúan como reservas en algunas especies (Shewry y Halford, 2002).

Al igual que la globulina presente en el trigo proviene de residuos citoplasmáticos y diferentes partes subcelulares que conforman parte esencial de la organización estructural de la semilla. Las semillas kiwicha poseen abundante albúmina y destacan por su alto valor nutricional. En algunas variedades, constituyen hasta el 40 % de la proteína total (Barba de la Rosa et al., 2009).

#### **b. Globulinas**

Son proteínas solubles en soluciones salinas (como el NaCl al 0.5 – 1M) pero insolubles en agua y la principal proteína de reserva en legumbres y pseudocereales. También, son las proteínas de reserva de mayor distribución, pues están presentes en los embriones de numerosas semillas y forman parte de todas las plantas y animales (Shewry y Halford, 2002).

En el amaranto, la globulina (como la amarantina, una 11S globulina), es la proteína de reserva más abundante, representando el 60% del total. Tienen una estructura oligomérica y alta digestibilidad. Se encuentran en cereales y pseudocereales y son proteínas solubles en ácidos o álcalis diluidos pero insolubles en alcohol (Segura y Paredes, 1994).

#### **c. Glutelinas**

Se encuentran en cereales y pseudocereales y son proteínas solubles en ácidos o soluciones básicas diluidos (como el NaOH 0.1M), pero insolubles en agua y alcohol.

En cereales como el arroz, son la principal proteína de reserva. Las glutelinas tienen mayor solubilidad a pH alcalino, más adecuadamente su solubilidad a pH 10, donde se estabilizan mediante enlaces disulfuros. Estas proteínas se encargan de aportar propiedades de elasticidad y viscosidad a los alimentos (Shewry y Halford, 2002).

Su contenido en amaranto es bajo en comparación con albúminas y globulinas, pero aportan a la calidad funcional de la harina. Se caracterizan por su alto contenido de aminoácidos azufrados (metionina y cisteína) (Shewry y Halford, 2002).

#### **d. Prolaminas**

Proteína que se pueden disolver en alcohol (como el etanol del 70%). La prolamina es una proteína monomérica ubicada en el endospermo de diversos cereales. Esta parte proteica es soluble en etanol y se caracteriza por contener una gran cantidad de prolina y ácido glutámico. Generalmente, la prolamina son combinaciones polimórficas de polipéptidos que oscilan entre 30 y 90 kDa. Al igual que las glutelinas proporcionan características reológicas de los alimentos. Son comunes de cereales como el maíz (zeínas) y el trigo (gliadina), aunque a menudo no poseen lisina (Shewry y Halford, 2002).

En el amaranto, las prolaminas son mínimas o están ausentes, lo que justifica su naturaleza “libre de gluten” y su reducido peligro de enfermedad celíaca (Konishi y Yoshimoto, 1991).

**Tabla 3** Resumen de las características de solubilidad de *Amaranthus*.

<b>Proteína</b>	<b>Solubilidad</b>	<b>% en semilla</b>	<b>Función principal</b>
Albúminas	Agua	40 %	Reserva, enzimática
Globulinas	Soluciones salinas	60 %	Reserva principal
Glutelinas	Ácidos/bases diluidos	< 5 %	Estructural/reserva
Prolaminas	Alcohol	Trazas	No significativa

**Fuente:** (Shewry y Halford, 2002).

### **2.2.11. Cuantificación de proteínas**

Existen varias técnicas destinadas a medir el contenido proteico, las cuales se fundamentan en características propias de estas moléculas, como su capacidad para absorber radiación ultravioleta, generar compuestos químicos derivados o interactuar con colorantes específicos. Los métodos empleados para la determinar proteínas, uno de los más útiles ácido bicinconínico (BCA) y Bradford y el método Lowry que es más sensible para la detección de bajas concentraciones de proteína (Fernández y Galván, 2006).

#### **2.2.11.1. Método de Lowry**

Es un ensayo colorimétrico utilizado para la determinación de concentración de proteínas solubles en una muestra. Este método determina las proteínas solubles utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu, que es la base del método de Lowry. Aunque no está dirigido específicamente a muestras de plantas, este método ha sido ampliamente adoptado y utilizado para analizar proteínas solubles en plantas (Lowry et al., 1951).

#### **Principio**

Aunque existen varios métodos para la cuantificación de proteínas, el método de Lowry es uno de los primeros métodos reportados en la literatura. Dado que es un método colorimétrico, el desarrollo del color de las proteínas requiere dos pasos: uno es la reducción de reactivo de la fosfomolibdico-fosfotungstico del complemento formado por proteínas y cobre, y el otro es la reacción con el cobre en un álcali (Kupina et al., 2019). El principio de reacción de este método se basa en la reducción de  $\text{Cu}^{2+}$  a  $\text{Cu}^{1+}$  en presencia de proteínas en un medio alcalino, aquí el reactivo de Folin-Ciocalteu aumenta la formación de color (Lowry et al., 1951) y en ausencia de cobre el contenido de tirosina y triptófano da el color natural a las proteínas; en el tratamiento alcalino de proteínas, el desarrollo del color aumenta de 3 a 15 veces con la presencia de cobre. La reacción del cobre ocurre cuando están listos a temperatura ambiente, lo que demora de 5 a 10 minutos; sin embargo, calentar a 100 °C o agregar concentraciones de álcali a solución alcalina acelera la reacción con el cobre. Para lograr la reacción final se requiere una pequeña cantidad de cobre y cuando se agrega proteína tratada con un buffer de pH 10 al reactivo Folin, aquí es donde se obtiene el máximo nivel de color ya que el complejo proteína-cobre se reduce, las absorbancias producidas que sufrieron cambios por el reactivo Folin se monitorean a 750nm (Singleton y Rossi, 1965).

#### **Procedimiento**

Para cuantificar las proteínas en solución se utilizan tubos de ensayo, normalmente se colocan muestras que contengan entre 5 y 100 µg de proteína con 0.2 ml o menos, luego se añade 1 ml del reactivo C, se mezcla y se deja reposar a temperatura ambiente durante 10 minutos o más, luego se agrega rápidamente 0.1 ml de Reactivo E, se mezcla brevemente durante 2 segundos a temperatura ambiente y se deja reposar por 30 minutos, al final se mide la absorbancia a 750 nm o para soluciones más concentradas a 500nm (García y Vásquez, 1998).

#### **2.2.12. Compuestos bioactivos de la kiwicha**

El amaranto aporta componentes funcionales que poseen propiedades antioxidantes, tales como fenoles totales, flavonoides, carotenoides, fitoesteroles, carotenoides, entre otros. (Sadowska y Bartosz, 2014). El consumo de estas sustancias puede contribuir a cuidar y mejorar la salud y disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y degenerativas porque protege a las células contra los daños de la oxidación causada por los radicales libres. Las semillas de amaranto cuentan con varios compuestos fenólicos que provienen de la fenilalanina y la tirosina. El proceso de síntesis de tirosina y la fenilalanina se realiza por la ruta del ácido shikímico (Heldt, 2005).

#### **2.2.13. Compuestos fenólicos**

Constituyen una gran clase de metabolitos secundarios de origen vegetal, con múltiples estructuras y funciones químicas, formado por más de ocho componentes que, gracias a su capacidad antioxidante, pueden contribuir positivamente al bienestar humano, su actividad antioxidante tiene efectos buenos para la salud (Martínez et al., 2000).

Diferentes estudios han demostrado que los compuestos fenólicos tienen potencial quimiopreventivo como agentes contra enfermedades crónicas relacionadas con el estrés oxidativo a través de mecanismos relacionados con efectos antiinflamatorios, anti esclerótica y con efectos antioxidantes (Paucar, 2017).

#### **2.2.14. Fenoles totales**

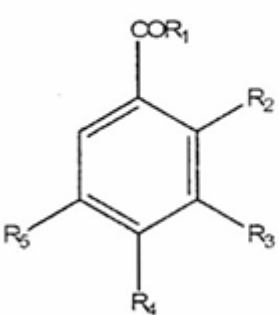
Se trata de sustancias producidas de manera natural por tejidos vegetales como tallos, hojas, frutos. Su principal característica estructural es que tienen varios o un grupo hidroxilo(-OH) conectados a anillos bencénicos. Es reconocido por sus propiedades antioxidantes, también, presentan diversas funciones biológicas que podrían resultar favorables para la salud humana (Ruiz et al., 2010).

Los niveles de compuestos fenólicos informados en los granos de amaranto varían, principalmente debido a los diferentes solventes empleados en la extracción, así como por factores genéticos y ambientales propios del cultivo. En el amaranto, incluyen:

ácidos fenólicos (ácido gálico, ácido clorogénico), flavonoides (quercetina, kaempferol), taninos y otros polifenoles. Estos compuestos funcionan como antioxidantes naturales, protegiendo a la planta del daño oxidativo y ayudando a sus propiedades nutraceuticas en personas (Martínez et al., 2000).

En los ácidos fenólicos contienen una gran cantidad de compuestos con propiedades terapéuticas, tales como los compuestos originados del ácido benzoico (C6 – C1) y del ácido cinámico (C6 – C3). En la naturaleza, los derivados del ácido benzoico son numerosos, principalmente como moléculas libres, ya sea en forma de ácidos como el vanílico y el gálico, o como aldehídos, entre ellos la vainillina y el anisaldehído (Sánchez et al., 2008).

Los compuestos fenólicos, o metabolitos secundarios, se forman para resguardar a las plantas de los ataques de depredadores naturales e insectos. Se les denomina agentes alelopáticos, es decir, sustancias biológicas generadas por el cuerpo para garantizar su supervivencia, bien generando efectos adversos o beneficiosos en el atacante (Hinostroza, 2020).

Ácidos Benzoicos; C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	
	OH	H	OH	OH	OH	Ácido gálico
	OH	OH	H	H	H	Ácido salicílico
	OH	H	OH	OH	H	Ácido protocatéquico
	OH	H	OCH <sub>3</sub>	OH	H	Ácido vanílico
	OH	H	OCH <sub>3</sub>	OH	OCH <sub>3</sub>	Ácido siringico
	H	H	OCH <sub>3</sub>	OH	H	Vanillina
	H	H	H	OCH <sub>3</sub>	H	Anisaldehído

**Figura 6. Composición química de los ácidos fenólicos.**

**Fuente:** (Sánchez et al., 2008).

Los polifenoles participan en la defensa contra el ataque de patógenos y la radiación ultravioleta. En los últimos diez años ha crecido considerablemente el interés científico en los efectos positivos de los polifenoles de origen vegetal presentes en la dieta, especialmente por su acción antioxidante. Diversas investigaciones epidemiológicas y estudios complementarios indican con claridad que una ingesta continua y abundante de estos compuestos podría contribuir a reducir el riesgo de desarrollar cáncer,

diabetes, enfermedades neurodegenerativas y enfermedades cardiovasculares (Pandey y Rizvi, 2009).

Y los valores típicos de fenoles en semillas de amaranto son de 1.5 – 3.5 mg GAE/g varían dependiendo de la especie y condiciones de cultivo. En hojas de 20 – 50 mg GAE/g (Barba de la Rosa et al., 2009).

### **2.2.15. Fenoles totales en germinados**

Los fenoles totales presentes en los germinados de amaranto son sustancias bioactivas que se incrementan durante el proceso de germinación a causa de la activación de enzimas como la fenilalanina amonio-liasas (PAL), que produce fenoles totales. Estas sustancias funcionan como antioxidantes, resguardando a la planta del estrés oxidativo y potenciando su valor nutricional (Gómez et al., 2020).

#### **A. Impacto del proceso germinativo en la concentración de fenoles totales**

La germinación aumenta en una manera notable la cantidad de fenoles en las semillas de amaranto, debido a la hidrólisis enzimática donde ocurre la liberación de fenoles ligados a las paredes celulares. La biosíntesis es la activación de rutas metabólicas que generan fenoles totales nuevos y la reducción de anti nutrientes, donde se incrementa la biodisponibilidad de los compuestos fenólicos (Paucar y Milani, 2017).

La germinación constituye un mecanismo catabólico que, mediante la descomposición hidrolítica de los nutrientes almacenados, provee de sustancias esenciales para comenzar el desarrollo de la planta. Por lo tanto, durante la germinación ocurren transformaciones bioquímicas que favorecen el movimiento, acumulación y metabolismo de diversos compuestos fenólicos junto con otras sustancias bioactivas (Sarmiento y Pachari, 2022).

#### **B. Variables determinantes en la cantidad de fenoles**

- **Duración del proceso germinativo:** La acumulación máxima se produce entre 3 y 5 días.
- **Luz:** La exposición a la luz UV-B puede incrementar la producción de flavonoides entre un 20 y 30 %.
- **Temperatura:** Ideal entre 25 y 30 °C (Paucar y Milani, 2017).

Variedad	Semilla (mg GAE/g)	Germinado (mg GAE/g)	Incremento
<i>Amaranthus cruentus</i>	2.1	5.8 (4 días)	176 %
<i>Amaranthus hypochondriacus</i>	1.9	6.3 (5 días)	232 %
<i>Amaranthus caudatus</i>	3.0	8.7 (5 días)	190 %

**Tabla 4** Comparativa: Fenoles en amaranto germinado vs. no germinado.

**Fuente:** (Gómez et al., 2020)

Para ayudar a interpretar el estudio, se necesita un método para cuantificar el contenido fenólico de los suplementos dietéticos. El método se basa en la reacción de compuestos fenólicos con el reactivo de Folin-Ciocalteu, es un método colorimétrico y una mezcla compleja de heteropolitungstato-molibdato, en presencia de carbonato de sodio. Oxidando los fenoles, generando un color azul proporcional a su concentración, estos resultados se expresan en equivalentes de ácido gálico (GAE) por gramo de muestra (Kupina et al., 2019). Este método se basa en trabajos anteriores de (Singleton y Rossi, 1965).

#### 2.2.15.1. Método para fenoles Folin-Ciocalteu

El procedimiento se realiza siguiendo lo establecido en el método 952.03 propuesto por la AOAC, la determinación de fenoles totales, expresados como equivalentes de ácido gálico. Se fundamenta en la cuantificación espectrofotométrica de los fenoles totales presentes en la muestra, se utiliza la curva de calibración elaborada a partir de ácido gálico como estándar (Association Of Analytical Chemists, 2000).

#### Principio del Método de Folin - Ciocalteu

Esta técnica se basa en la interacción química entre el reactivo de Folin – Ciocalteu y los compuestos fenólicos, una combinación de ácido fosfórico y tungsteno (ácido fosfotúngstico)-molibdato. Cuando se agregan compuestos fenólicos al reactivo, los iones de molibdeno y tungsteno en el reactivo se reducen para generar un complejo colorido y luego ocurre la formación de color, cuya intensidad es proporcional a la concentración de compuestos fenólicos en la muestra. El color del complejo que se obtiene suele ser azul y su absorbancia se puede medir en longitud de onda determinada, usualmente alrededor a 750 nanómetros (Singleton y Rossi, 1965).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación de la zona de estudio

La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Bioquímica perteneciente a la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

##### 3.1.1. Ubicación política

Región : Ayacucho

Provincia : Huamanga

Distrito : Ayacucho

#### 3.2. Población

Conformada por las semillas de dos variedades de *Amaranthus caudatus* L., (variedad INIA- 442 La Frondosa) y (variedad INIA 413 – Morocho Ayacuchano, grano cristalino) del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de la provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

#### 3.3. Muestra

Se empleó un kilogramo de semillas por cada variedad de *Amaranthus caudatus* L. “kiwicha”, (variedad INIA 442 La Frondosa) y (variedad INIA 413 – Morocho Ayacuchano, grano cristalino), del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), departamento de Ayacucho.

#### 3.4. Metodología y recolección de datos

##### 3.4.1. Obtención de la muestra

- Las muestras de semillas de las dos variedades de *Amaranthus caudatus* L. “kiwicha”, (variedad INIA 442 La Frondosa) y (variedad INIA 413 – Morocho Ayacuchano, grano cristalino), el material fue obtenido a través de la INIA

(Instituto Nacional de Innovación Agraria), ubicado en la provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

- Las muestras se recolectaron en un recipiente limpio, seco y debidamente rotulado; posteriormente, las semillas fueron trasladadas al Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Ciencias biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

#### **3.4.2. Limpieza**

- Obtenida la muestra, se llevó a cabo la eliminación de impurezas y elementos extraños que puedan albergar, tales como restos de vegetación, otras semillas, arenilla entre otros, garantizando que las semillas en análisis estén exentas de cualquier impureza.

#### **3.4.3. Lavado y desinfectado**

- Las semillas fueron sometidas a un lavado inicial con agua destilada y posteriormente se desinfectaron usando una solución de NaClO al 0.1 %, por tres minutos se dejó reposar, luego realizó un enjuague exhaustivo con agua destilada en al menos cinco repeticiones.

#### **3.4.4. Remojo**

- Los granos de las semillas de cada variedad, utilizando agua destilada se colocó en envases con una relación de 1 parte de semillas de kiwicha por 3 partes de agua destilada respectivamente.
- El tiempo de remojo se realizó de 6 a 12 horas aproximadamente.
- Después del tiempo de remojo se desechó el sobrenadante de agua utilizada en el proceso de remojo.

#### **3.4.5. Germinación**

- Las semillas de las dos variedades que previamente se remojaron, se colocaron en bandejas con sustrato húmedo (papel toalla) formando una capa uniforme de semillas, luego, las semillas se humedecieron rociándolas con agua destilada cada 12 horas aproximadamente y a temperatura ambiente.
- La germinación se efectuó en los tiempos de 24, 48, 72 y 96 horas, donde tuvo tres repeticiones por las horas determinadas y se estuvieron en condiciones oscuras manteniendo la humedad.

#### **3.4.6. Secado**

- Cuando germinaron las semillas de las dos variedades se separaron por el tiempo en horas establecidos y se realizó el secado en la estufa a 40 °C.

#### **3.4.7. Molienda**

- Usando un mortero se efectuó la molienda hasta obtener una harina fina.

- Ya obtenida la harina se tamizó y envasó en pequeños frascos de boca ancha y almacenadas para su análisis.

#### **3.4.8. Extracción de proteínas**

- Se extrajeron las proteínas solubles de la harina con el buffer: Fosfato de sodio (0.2 M, pH 7,5).

#### **3.4.9. Centrifugación**

- Se centrifugó la mezcla de extracción a 3 500 – 5 000 rpm durante 10 – 15 minutos para separar las proteínas solubles del material particulado.

#### **3.4.10. Filtración**

- Una vez obtenida el sobrenadante (líquido claro), la mezcla fue pasada por un papel o membrana filtrante con el fin de retirar cualquier partícula residual.

#### **3.4.11. Conservación**

- Ya obtenida el extracto proteico se conservó en un frasco estéril a 4 °C hasta el momento de su análisis.
- Este extracto proteico se utilizó como muestra para determinar las proteínas solubles por el método de Lowry.
- Se aseguró de seguir los protocolos de seguridad de manejo de muestras para evitar contaminaciones y pérdidas de proteínas.

### **3.5. Para la determinación de proteínas solubles**

#### **3.5.1. Método Lowry**

##### **a. Procedimiento para la curva de calibración**

Para la curva de calibración se prepararon cinco fiolas con diferentes concentraciones de albúmina (0,2; 0,3; 0,4; 0,6 y 0,8 ml), de agua destilada se añadió (0,8; 0,7; 0,6; 0,4 y 0,2 ml) y una cantidad constante de 5 ml de reactivo de Lowry. Posteriormente, cada tubo fue agitado y dejado en reposo durante 15 minutos, tras lo cual se añadió 0,5 ml de reactivo de Folin. Luego de una nueva agitación y dejar reposar por 30 minutos, se midió la absorbancia a una longitud de onda de 720 nm, obteniéndose el factor de cuantificación de proteína.

##### **b. Procedimiento para la cuantificación de proteínas**

Se pesaron 0,50 g de harina extraída de cada muestra en 30 frascos de vidrio, mezclada, homogenizada y filtrada, a los que se añadieron 5 ml de buffer fosfato de sodio ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$  (a 0,2 M; pH 7.5)). Las muestras fueron colocadas en un rotador durante 30 minutos y posteriormente se colocaron en tubos de plástico para centrifugarlos a 3500 rpm por 10 minutos, recuperándose el sobrenadante y colocándolos en 30 frascos de vidrio. De este extracto, se prepararon 30 tubos de ensayo con 0,5 ml de la muestra de harina filtrada,

9,5 ml de agua destilada y 5 ml del reactivo de Lowry. Tras agitar y dejar reposar 15 minutos, se incorporó 0,5 ml de reactivo de Folin, el contenido se volvió a mezclar y posteriormente se mantuvo durante 40 min. Finalmente, se registró la absorbancia utilizando una longitud de onda a 720 nanómetros.

### **3.6. Extracción de proteínas de reserva (Según método de Osborne)**

#### **A. Extracción de albúminas**

Se mezcló 1 g de harina de semillas sin germinar de ambas variedades *Amaranthus caudatus L.* con agua destilada en relación 1: 5. La mezcla se agitó por 10 minutos y luego se sometió a centrifugación por 3500 rpm en 5 minutos. Del sobrenadante obtuvo las albúminas y se guardaron.

#### **B. Extracción de globulinas**

El residuo del proceso anterior se mezcló en proporción 1:5 con una solución de cloruro de sodio (NaCl) al 1 %, se agitó por 10 minutos y se centrifugó a 3500 rpm durante 5 minutos. Se extrajo las globulinas del sobrenadante y se guardaron.

#### **C. Extracción de prolaminas**

Posteriormente, el residuo se mezcló en proporción 1:5 con etanol al 70%, la muestra fue agitada por 10 minutos y luego centrifugada por 3500 rpm en 5 minutos, proceso mediante el cual se obtuvieron las prolaminas del sobrenadante y se reservó.

#### **D. Extracción de glutelinas**

Finalmente, el residuo se combinó en proporción 1:5 con NaOH 0,2 N, tras agitarse por 10 minutos y centrifugarse por 3500 a cinco minutos, obteniéndose las glutelinas del sobrenadante.

### **3.7. Cuantificación de la fracción de proteínas de reserva**

- Después de extraer las fracciones de proteínas, se llevó a cabo la cuantificación de albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas utilizando el método de Lowry.
- Una vez obtenido los valores de absorbancia, estos fueron multiplicados por el factor obtenido durante la calibración de proteínas para obtener resultados de concentración de albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas, respectivamente.

### **3.8. Determinación de porcentaje de germinación**

#### **Procedimiento**

Se seleccionaron al azar 400 semillas de cada variedad de kiwicha, utilizando dos repeticiones de 100 semillas. Estas se distribuyeron uniformemente sobre un sustrato húmedo de papel toalla colocado en recipientes, los cuales fueron mantenidos en un ambiente limpio, con ausencia de luz y a temperatura ambiente durante 72 horas,

registrándose la fecha de inicio y asegurando la humedad constante durante todo el ensayo.

El porcentaje de germinación se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Germinación (\%)} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número de semillas puestas a germinar}} \times 100$$

### **3.9. Cuantificación de los fenoles totales mediante el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu**

El contenido de fenoles totales se cuantificó utilizando una técnica espectrofotométrica basada en el reactivo de Folin – Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965).

#### **A. Preparación del extracto hidroalcohólico**

Se pesaron 12 gramos de muestra previamente triturada y maceraron en 60 mililitros de etanol a 70 % dentro de un frasco ámbar a temperatura ambiente durante cinco días, con agitación diaria por al menos 5 minutos. Al finalizar los líquidos de las muestras se trasladaron a frascos de vidrio pequeños, luego el líquido de estos frascos se colocó en tubos de plásticos para centrifugarlos a 3500 rpm por 10 minutos y el sobrenadante se volvió a los frascos de vidrio para luego ser llevados al baño maría a 50 °C para eliminar el residuo del alcohol.

#### **B. Procedimiento para la curva de calibración**

Se preparó una solución patrón de ácido gálico (AG) a 1g/L, la cual se diluyó en agua destilada y se enrazó con 25 ml de etanol. A partir de esta solución se obtuvieron ocho concentraciones (80, 240, 480, 640, 800, 960, 1120 y 1180 mg/L), a las que se añadió reactivo Folin – Ciocalteu; 0,25 ml, con relación 1:10 y se homogenizó durante 5 minutos. Luego, se incorporó 1,25 ml de carbono de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) al 20%, se enrazó con agua destilada y se dejó reposar una hora a temperatura ambiente. Finalmente, se midió la absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 705 nm.

#### **C. Procedimiento para la cuantificación del contenido de fenoles totales en el extracto hidroalcohólico**

Se tomó 1 ml del extracto hidroalcohólico y se colocó en fiolas de 10 ml, añadiendo 0,5 ml del reactivo Folin-Ciocalteu y dejándolo reposar por 5 minutos. Posteriormente, se agregó 1 ml de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) al 20 %. Posteriormente se enrazó con agua destilada y se mantuvo a temperatura ambiente durante 50 minutos. Por último, la lectura de absorbancia se realizó utilizando un espectrofotómetro, fijado en una longitud de onda 705 nanómetros, repitiéndose el procedimiento por triplicado con su respectiva desviación estándar.

- **Cálculos**

[ Fenoles totales mg/L] = F.c. x Absorbancia Problema

Donde:

$$F_e = \frac{\sum \frac{\text{concentración de fenoles } T.}{\text{absorbancia}}}{n}$$

n: Número de repeticiones

La concentración de fenoles totales se reportó como mg equivalente de ácido gálico por cada 100 gramos en muestra, se expresa (mg GAE / 100 g de muestra).

$$C.F.T = \frac{X * V * 100}{p}$$

Definiciones:

C.F.T: Cantidad de compuestos fenólicos expresados como mg equivalentes de ácido gálico (GAE) por cada 100 g kiwicha germinada.

X: Concentración de ácido gálico equivalente en mg/L de muestra.

V: Volumen de la muestra expresado en litros.

P: Masa del material analizado, registrada en gramos.

### **3.10. Diseño experimental**

Con el propósito de evaluar cómo la duración del proceso de germinación influye en las concentraciones de proteínas solubles y fenoles totales, se realizó el diseño con arreglo factorial 2x5, siendo así el primer factor las dos variedades de kiwicha con dos niveles; (variedad INIA- 442 La Frondosa) y (variedad INIA 413- Morocho Ayacuchano, grano cristalino); y el otro factor es el tiempo de germinación con 5 niveles (0, 24, 48, 72 y 96 horas); haciendo un total 10 tratamientos con tres repeticiones.

#### **3.10.1. Diseño factorial A X B**

##### **1. Factores**

**a) Factor A:** Variedades de kiwicha (2 niveles)

- Variedad INIA- 442 La Frondosa
- Variedad INIA 413- Morocho Ayacuchano, grano cristalino

**b) Factor B:** Tiempos de germinación (5 niveles)

- 0 horas
- 24 horas
- 48 horas

- 72 horas
- 92 horas

## 2. Repeticiones

Cada tiempo de germinación se repitió 3 veces.

## 3. Diseño de experimento

- 2 niveles para la variedad (Factor A)
- 5 niveles para el tiempo de germinación
- 3 repeticiones por combinación de factores

## 4. Número total de tratamientos

**Nº de trat. = 2 (variedad) x 5 (tiempo de germinación) = 10 tratamientos**

Variedades de kiwicha (Factor A) N= 2	X	Tiempo de germinación (Factor B) N= 5
<b>INIA – 442 La Frondosa (A1)</b>		0 horas (B1)
		24 horas (B2)
<b>INIA – 413 Morocho Ayacuchano (A2)</b>		48 horas (B3)
		72 horas (B4)
		96 horas (B5)

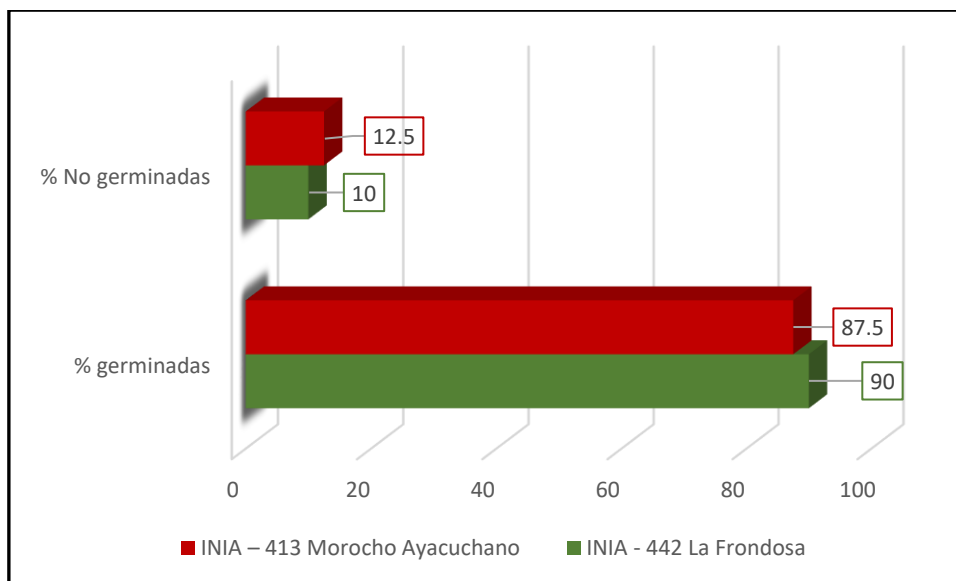
Y cada tratamiento se repitió 3 veces, por lo que el total de unidades experimentales será:

**Total de trat. = 10 (trat.) x 3 (rep.) = 30 tratamientos**

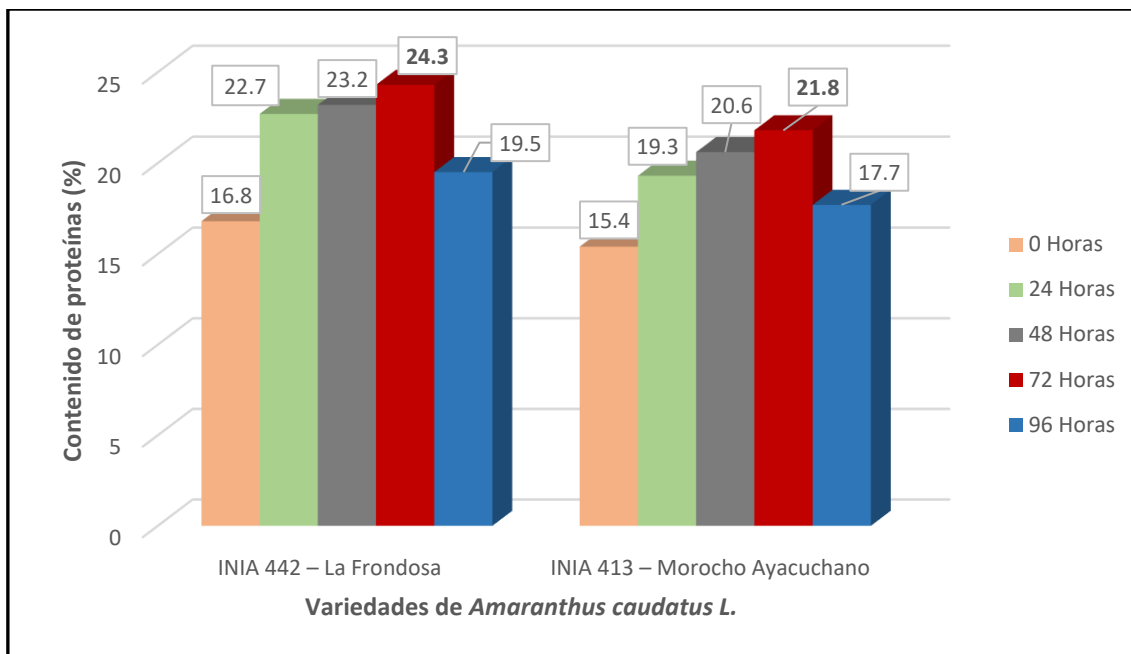
### 3.11. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de cada tiempo de germinación y variedad de kiwicha se analizaron en el Minitab, para ello se estableció si presentaban una distribución normal con la prueba de normalidad (Anderson-Darling). Seguidamente, se realizó la prueba de ANOVA (análisis de varianza de dos factores), viendo aquí si había diferencias significativas y luego la comparación múltiple de Tukey para verificar y comparar las medias por grupos y determinar si el tipo de kiwicha y la duración del germinado producen cambios significativos.

#### **IV. RESULTADOS**



**Figura 7.** Porcentaje de germinación de la variedad INIA 442 – La Frondosa y la variedad INIA – 413 Morocho Ayacuchano, grano cristalino de las semillas de *Amaranthus caudatus* L. “kiwicha”.

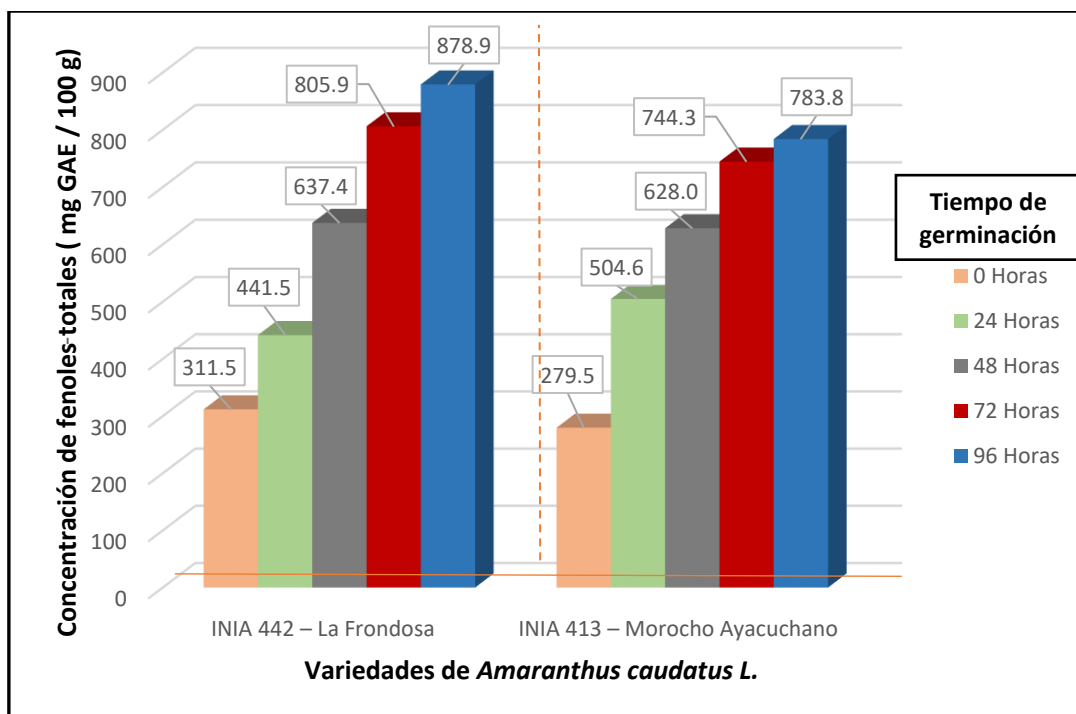


**Figura 8.** Contenido de proteínas solubles en semillas de las variedades INIA 442 – La Frondosa e INIA 413 – Morocho Ayacuchano, grano cristalino de *Amaranthus caudatus* L. “kiwicha”, según el tiempo de germinación.

**Tabla 5**

*Contenido de fracción proteica en semillas de las variedades INIA 442 – La Frondosa e INIA 413 – Morocho Ayacuchano, grano cristalino de Amaranthus caudatus. L “kiwicha”.*

<b>Variedad</b>	<b>Fracción proteica</b>	<b>Promedio (g / 100 g)</b>	<b>Porcentaje de proteína (%)</b>	<b>Desviación Estándar</b>
<b>INIA442 – La Frondosa</b>	<b>Albúminas</b>	28,71	30,77	0,96
	<b>Globulinas</b>	24,15	25,88	0,98
	<b>Prolaminas</b>	6,11	6,55	1,08
	<b>Glutelinas</b>	34,34	36,80	1,10
<b>INIA 413 – Morocho Ayacuchano</b>	<b>Albúminas</b>	25,27	31,83	0,91
	<b>Globulinas</b>	20,29	25,55	1,25
	<b>Prolaminas</b>	4,23	5,32	1,30
	<b>Glutelinas</b>	29,62	37,30	1,28



**Figura 9.** Contenido de Fenoles Totales en semillas de las variedades INIA 442 – La Frondosa e INIA 413 – Morocho Ayacuchano, grano cristalino *Amaranthus caudatus* L. “kiwicha”, según el tiempo de germinación.

## V. DISCUSION

En la figura 7, presenta el valor promedio en porcentaje de germinación en las dos variedades de semillas de *Amaranthus caudatus* L., observándose que la variedad INIA – 442 “La Frondosa” alcanza un nivel germinativo superior con un promedio de 90 % de las tres repeticiones, en menor cantidad la variedad INIA - 413 “Morocho Ayacuchano, grano cristalino” con un promedio de 87,5 % de germinación. Estos valores superan el 80%, que es el mínimo aceptado para considerar semillas de calidad según estándares agrícolas, tal como menciona García et al., (2016). Esta alta capacidad germinativa confirma que las semillas utilizadas en este estudio son óptimas. Caso contrario, si el porcentaje es menor al 80 % las semillas en estudio serán consideradas de baja calidad, este procedimiento es necesario para contrastar la calidad de las semillas que serán usadas en la investigación.

Los altos porcentajes de germinación obtenidos en este estudio muestran una coincidencia con los resultados descritos en el estudio elaborado por Donazzolo et al., (2017), buscó evaluar el porcentaje de la germinación de las semillas de amaranto de la variedad *Amaranthus caudatus*, alcanzando un 87% de germinación en cuatro días. Los resultados de este estudio muestran que son similares con lo registrado para la variedad Morocho Ayacuchano, que obtuvo un valor de 87,5%, mientras que La Frondosa superó con un notable 90% de germinación. Esta consistencia confirma que las condiciones experimentales fueron adecuadas y que ambas variedades cumplen con los parámetros establecidos, demostrando que el material biológico utilizado tiene una excelente viabilidad.

Al contrario, en la investigación realizada por Aguilar et al., (2019), examinaron el porcentaje de germinación en 4 variedades de *Amaranthus caudatus* L. Las cuatro variedades mostraron una tasa de germinación del 50% en un periodo de 6 días. Los resultados de germinación obtenidos en este estudio para las variedades La Frondosa y Morocho Ayacuchano, duplican prácticamente el 50 % reportado por Aguilar. Está

diferencia resalta dos aspectos clave; primeramente, que la calidad de las semillas de este estudio es significativamente superior, puesto que ambas superaron el 80% considerado mínimo para semillas viables; segundo, que variedades específicas como La Frondosa, poseen una capacidad germinativa excepcional que las convierte en candidatas especialmente prometedoras para cultivos controlados.

Asimismo, en este estudio se registraron altos porcentajes de germinación, pero resultan ligeramente inferiores que los reportados por Sarmiento y Pachari, (2022), en el que investigaron los porcentajes de germinación en dos eco tipos de *Amaranthus caudatus*. Estos eco tipos fueron sometidos a periodos de germinación de 72 horas, donde el resultado del porcentaje germinativo alcanzó el 95% en ambos eco tipos de grano negro y rosado. Esta pequeña diferencia podría deberse a que las variedades utilizadas en el presente estudio poseen características genéticas distintas en comparación con los eco tipos analizados por Sarmiento y Pachari, también investigaciones confirman que distintas variedades de *Amaranthus caudatus* pueden mostrar respuestas germinativas diferente bajo mismas condiciones. En ambos casos, la tasa de germinación observada supera el porcentaje de viabilidad, lo que confirma que tanto en las variedades y este estudio como los eco tipos reportados son biológicamente eficientes.

**En la figura 8**, presenta el promedio del contenido de proteínas solubles de las variedades INIA 442 – La Frondosa e INIA 413 – Morocho Ayacuchano, grano cristalino de *Amaranthus caudatus*. L “kiwicha” de acuerdo con el tiempo de germinación, en un inicio las semillas sin germinar (0 horas) tuvo un valor promedio en el porcentaje de proteínas de 16,8 % y 15,4 % respectivamente. Para las 24 horas de germinación tuvo un promedio de 22,8 % en la variedad La Frondosa y 19,3% en la variedad Morocho Ayacuchano. A las 48 horas de germinado tuvo un promedio en La Frondosa 23,2 % y 20,6 % para morocho Ayacuchano. En 72 horas de germinado se obtuvo 24,3 % en la variedad La Frondosa y 21,8 % en la variedad Morocho Ayacuchano, donde se observa mayor presencia de proteínas. En las 96 horas, ambas variedades mostraron una disminución en proteínas con un 19,5 % en La Frondosa y 17,7 % en Morocho Ayacuchano. Donde se evidencia que la germinación controlada puede incrementar de manera uniforme su calidad proteica, proporcionando una estrategia sencilla para potenciar los alimentos a base de kiwicha, donde la duración ideal para maximizar la proteína soluble es de 72 horas. Teniendo en cuenta, la composición proteica o la importancia nutricional de la kiwicha, según lo expresado por el Ministerio de Agricultura y Riego, indica que el valor nutricional de la kiwicha constituye del 13 al 18% de su contenido proteico.

El análisis estadístico realizado mediante la prueba ANOVA con respecto a la variedad muestran el valor de  $p < 0.05$  (Anexo 9), indicando que existe diferencias estadísticamente significativas entre las variedades INIA-442 La Frondosa e INIA-413 Morocho Ayacuchano, en cuanto a las proteínas solubles, esto nos sugiere que el factor genético asociado a cada variedad influye de manera importante en la concentración de proteínas. Por otro lado, el efecto del tiempo de germinación también fue altamente significativo con un valor de  $p < 0.05$  (Anexo 9), lo cual indica; la cantidad proteica soluble varia significativamente durante el transcurso del proceso germinativo. Esto resalta la importancia del tiempo como un factor determinante en la modificación del perfil nutricional del amaranto.

Por el contrario, con respecto a la interacción entre variedad y tiempo el valor de  $p$  fue de 0.834 (Anexo 9), lo que indica que no se detectó una interacción significativa entre el tipo de variedad y el periodo de germinado; es decir, la respuesta del contenido de proteínas solubles al tiempo de germinación fue similar en ambas variedades. Esto implica que los efectos del tiempo de germinación son consistentes independientemente de la variedad utilizada.

Los resultados al ser comparados coinciden con lo encontrado por Pismag et al., (2010), que estudiaron las variaciones en la composición química y valor nutricional durante la germinación en tres especies de *Amaranthus* (incluyendo *A. caudatus*). En los que reportaron aumento significativo del 16,3 % al 17,1 % durante un período de 48 horas de germinación, indicando que hay diferencias significativas con un  $p < 0,05$ . Sin embargo, los resultados en este estudio a las 48 horas de germinación superaron significativamente esos valores, mostrando una tendencia consistente. De esta manera, La Frondosa alcanzó un 23.2 % y un 20.6 % en Morocho Ayacuchano de proteínas solubles. Esta ventaja sugiere que las variedades estudiadas poseen potencial para acumular proteínas durante la germinación temprana, posiblemente debido a su adaptación genética. De igual modo, Pilco et al., (2020), investigaron cómo la germinación influye en el contenido proteico de una variedad de kiwicha, donde observaron que la variedad Oscar Blanco tuvo un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) del 15,4 % sin tratamiento a un 23,7 % en 72 horas de germinado, donde fue el mayor porcentaje de proteínas. Sin embargo, los valores de proteína en la semilla sin germinar de este estudio son semejantes en la variedad Morocho Ayacuchano, pero superan en la variedad La Frondosa con 16,8 %. Tras 72 horas de germinación, en este estudio superaron sus valores en la variedad La Frondosa con 24,3 %, pero no en la variedad Morocho Ayacuchano con 21,8% de proteínas. Por lo tanto, ambas variedades mostraron un incremento significativo, lo que señala que el proceso de germinación

provoca una serie de complejos cambios bioquímicos y fisiológicos que, en última instancia, facilitan la síntesis y reserva de proteínas.

Por otra parte, Alarcón, (2022), evaluó la concentración proteica de dos especies de *A. caudatus*. Reportó para variedad Oscar Blanco, un incremento significativo ( $p < 0.05$ ) de 13,10 % a 14,95 %, el más elevado registrado tras 72 horas de germinación, y para la variedad Centenario de 13,13 % a 14,08 % tras 72 horas de germinación. Los resultados de esta investigación confirman que la germinación incrementa significativamente con ( $p < 0.05$ ) las proteínas en la kiwicha, luego de 72 horas de germinado en ambas variedades. También hace evidente que las variedades de este trabajo parten de valores altos en las semillas sin germinar y su capacidad de acumular proteínas durante la germinación es mucho mayor. Esto genera oportunidades para desarrollar productos proteicos de alto impacto contra la desnutrición.

Investigaciones previas, como la de Zheleznov et al., (2019), desarrollaron un análisis comparativo entre las variedades silvestres y cultivadas de *Amaranthus*. Dichos autores reportaron que el contenido proteico en semillas sin germinar varía entre 13% y 21%, lo que coincide con lo observado en este estudio: las variedades La Frondosa y Morocho Ayacuchano se sitúan dentro del rango con 16.8% y 15.4%, respectivamente. Sin embargo, nuestros resultados demuestran claramente que, independientemente de esa diferencia inicial, la germinación aumentó significativamente el contenido de proteínas solubles en ambas variedades. Esto refuerza la idea de que, más allá de la variedad usada, el control del tiempo de germinación es esencial para obtener alimentos con mayor calidad proteica a partir de la kiwicha.

Al respecto, Idowu et al., (2013), llevaron a cabo la evaluación del valor proteico y la composición de aminoácidos del género *Amaranthus* en cinco especies. Dicho trabajo evidenció para semillas no germinadas un rango proteico de 11,8% a 19,0%, siendo *A. caudatus* con 17,3% una de las de mayor potencial nutricional. Los resultados difieren en la cantidad de proteínas en kiwicha que fueron utilizadas en este estudio, ya que resultaron en menor cantidad con respecto a la especie de *A. caudatus*, pero están en el rango de resultados de las diversas especies, aunque superiores a cereales tradicionales como maíz o trigo, representan solo el punto de partida de nuestro estudio.

De manera similar a los datos obtenidos por Venskutonis y Kraujalis, (2013), se centraron en la investigación del contenido proteico de dos variedades de *Amaranthus cruentus*, registrando valores de 15,4 % y 14,2 % en semilla sin germinar. Sin embargo, el resultado es similar a lo obtenido en este estudio en la variedad Morocho Ayacuchano, pero no en la variedad La Frondosa, mostró un contenido inicial ligeramente superior, lo

cual podría indicar una ventaja natural de este tipo específico de kiwicha, ya que el resultado fue de 16,8% en la semilla sin germinar.

Además, el contenido de proteína soluble que se encontró en los granos sin germinar en nuestras especies de kiwicha coinciden con reportes previos para otras especies de amaranto. En el estudio realizado por Yetunde et al., (2018), cuyo objetivo fue determinar la calidad proteica de dos variedades de harina de semilla de *Amaranthus cruentus*, identificados como PI538319 y PI538326, mostraron contenidos de proteína en semillas sin germinar de 15,5 % y 16,1 % respectivamente. Los resultados obtenidos en este estudio con respecto a las semillas no germinadas muestran un comportamiento similar, ya que la variedad Morocho Ayacuchano registró 15,4 % (valor cercano a la variedad PI538319), mientras que la variedad La Frondosa mostró un 16,8 %, superando ligeramente a la variedad PI538326. Esto sugiere que *A. caudatus* puede compartir características proteicas básicas con otras especies del género, aunque con diferencias particulares que son específicas por variedad.

Por otra parte, el trabajo de investigación realizado por Gamarra, (2021), constituye un referente experimental esencial para comprender el impacto de la germinación en las propiedades de *Amaranthus hybridus*. Mostraron que la duración del proceso de germinación alteró de manera significativa la composición de la proteína, mostrando una disminución constante desde 17,24% en semillas sin germinar hasta 13,07% a las 96 horas, con valores intermedios de 14,02 % a 48 horas de germinado, seguida de 13,53 % a las 72 horas. Posee una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), pero este fue de carácter negativo de acuerdo con la disminución de la cantidad de proteínas. Este patrón de disminución gradual difiere significativamente con nuestros hallazgos, ya que se reporta un incremento significativo ( $p < 0.05$ ) con un aumento de proteínas en la germinación en variedades de *A. caudatus*. Esta diferencia sugiere que la respuesta proteica a la germinación está influenciada críticamente por determinantes específicos, que incluyen, como la variación de las especies y las características eco típicas. Mientras que *A. hybridus* moviliza sus reservas proteicas rápidamente desde etapas tempranas, las variedades de *A. caudatus* muestran una acumulación de proteínas durante los primeros tres días, mostrando una estrategia metabólica más eficiente, pero una posterior disminución al llegar a las 96 horas. Esta acumulación de proteínas podría atribuirse a los mecanismos de adaptación que optimizan la retención de nutrientes durante la germinación temprana y media.

Los resultados obtenidos coinciden con Sarmiento y Pachari, (2022), determinaron la influencia de la duración de la germinación en los compuestos bioactivos de dos eco tipos de Amaranto. El análisis se realizó en los eco tipos de grano color negro y grano

color rosado, observando que, a través de la extensión deliberada del período de germinación, se puede presenciar un incremento significativo ( $p < 0.05$ ) en la cantidad proteica. Donde se muestra un valor más alto del contenido de proteínas en el eco tipo de grano color negro con 17,9 %, mientras que el grano rosado con 15,5 %, en ambos casos a las 72 horas de germinado. De acuerdo con lo obtenido, es de suma importancia subrayar el papel fundamental que desempeña la germinación como proceso de transformación, que no solo mejora, sino que también incrementa la calidad nutricional de las semillas en lo que respecta al aumento de proteínas. El proceso de germinación de *Amaranthus* funciona como un biorreactor natural que convierte proteínas de reserva en elementos biodisponibles e induce la síntesis de péptidos bioactivos con características antioxidantes o antihipertensivas.

**Tabla 5**, se observa el contenido de fracciones proteicas en semillas de las variedades INIA 442 – La Frondosa e INIA 413 – Morocho Ayacuchano, grano cristalino de *Amaranthus caudatus*. L “kiwicha”. El análisis realizado sobre la composición proteica presente en las semillas sin germinar, como se observa en la tabla, revela cómo se distribuyen los promedios del fraccionamiento proteico en ambas variedades de kiwicha, entre ellas; las glutelinas, albúminas, globulinas y prolaminas. La Frondosa y Morocho Ayacuchano la fracción más abundante corresponde a las glutelinas, registrando valores de 36,80% y 37,30% respectivamente. En términos de cantidad las albúminas aparecen como la siguiente fracción más destacada, con un 30,77% en La Frondosa y un 31,83% en Morocho Ayacuchano, que usualmente se relaciona con proteínas de fácil digestión y con funciones metabólicas importantes, de acuerdo con estudios anteriores realizados con la variedad *Amaranthus hypochondriacus*. Además, las globulinas muestran valores muy similares en ambas variedades, presentando un 25,88% en La Frondosa y 25,55% en Morocho Ayacuchano. Finalmente, el contenido de prolaminas es el más baja de todas las fracciones proteicas analizadas, con solo 6,55% en La Frondosa y 5,32% en Morocho Ayacuchano, coincidiendo con la literatura que señala que el amaranto suele contener hasta 10 veces menos de estas proteínas a los que se encuentran en cereales como el trigo. Esta característica es nutricionalmente favorable, teniendo en cuenta que las prolaminas suelen ser deficientes en aminoácidos esenciales.

Nuestros resultados acerca de las fracciones proteicas presentes en *Amaranthus caudatus* coinciden parcialmente con reportes previos como el de Pismag et al., (2010), donde investigaron dos especies de *Amaranthus*, analizando su fraccionamiento proteico. En el caso de la especie *A. caudatus* mostró mayor contenido de glutelinas con 25,9%, seguida de albuminas con 24,3 %, globulinas 21,4 % y prolaminas con 3,8 %, este patrón coincide con lo observado en las variedades del presente estudio, donde

también predominan las glutelinas y albúminas. Sin embargo, es imprescindible destacar que existe una diferencia al comparar los resultados de este estudio con la variedad *A. cruentus*, variedad que tuvo un mayor contenido de las glutelinas con 29,2 %, pero seguida por globulinas con un 22,8 % en lugar de albúminas, lo que indica una clara variación. Este contraste confirma que el orden de abundancia de las fracciones proteicas varía entre especies de amaranto, siendo característico del *A. caudatus* priorizar la presencia de glutelinas y albúminas sobre las globulinas como componentes principales en semillas no germinadas.

De la misma manera, el perfil de fracción proteica en *Amaranthus caudatus* en esta investigación muestra diferencias significativas con lo reportado por Yetunde et al., (2018). Mientras en sus variedades de *A. cruentus* las glutelinas alcanzaron hasta 32,5% y las globulinas con las albúminas rondaron solo en el 20%, las variedades de este estudio mostraron valores notablemente más altos en albúminas y globulinas con 26 y 31%. Igualmente, interesante es el contraste con la segunda variedad de lo reportado por Yetunde, donde las albúminas fueron dominantes con un 25,4% frente a las glutelinas de este trabajo como principal componente. Esta desigualdad confirma que cada especie de amaranto tiene una distribución proteica única en semillas sin germinar, siendo característico del *A. caudatus* mantener un equilibrio entre glutelinas y albúminas como fracciones dominantes, mientras en *A. cruentus* predominan las glutelinas de manera más marcada, en algunas especies las albúminas.

Al realizar un análisis comparativo de los resultados del fraccionamiento proteico del presente estudio con el reporte de Venskutonis y Kraujalis, (2013), se encontró una diferencia clave en el orden de abundancia. Quienes obtuvieron un predominio de albúminas, que constituyen un 40% y menores cantidades de globulinas en la variedad de *A. cruentus*, mientras que, en las variedades examinadas en esta investigación, se observa que las glutelinas ocupan el primer lugar. Esta variación observada puede atribuirse a factores naturales como la especie específica estudiada, pero también por influencias ambientales, prácticas agrícolas y la etapa de madurez en la que fueron cosechadas las semillas. El momento de la recolección de semillas también podría ser una explicación, ya que pueden alterar las fracciones proteicas obtenidas. La abundancia de glutelinas en los resultados de este estudio es interesante, porque estas proteínas están asociadas a buena digestibilidad y pueden mejorar el valor nutricional de productos derivados. Además, ambos estudios coinciden en la observación de que las prolaminas representan la fracción menos abundante, este bajo nivel de prolaminas podría favorecer la formulación de alimentos para personas con sensibilidad al gluten.

Así mismo, existe una diferencia entre los resultados obtenidos en esta investigación con lo reportado en otros estudios con respecto a la abundancia del tipo de proteína en las semillas. Investigaciones como la de Zheleznov et al., (2019), encontraron que, tanto en especies de *Amaranthus* silvestres como cultivadas, las globulinas representan la fracción proteica más alta, seguida de las glutelinas, con porcentajes de 38,4% y 20,8%, respectivamente. En las variedades de kiwicha analizadas en este trabajo, observamos altos niveles de glutelinas y albúminas. Esta diferencia, donde las glutelinas de este estudio superan el contenido reportado por Zheleznov, podría deberse a las características específicas de las variedades de INIA estudiadas, ya que el material genético diferente acumula proteínas en diferentes proporciones. Estas diferencias en el contenido y la distribución de las fracciones proteicas podrían deberse a diversos factores, incluido el origen geográfico de las variedades e incluso diferencias genéticas de cada especie analizada. Aunque gran parte de las investigaciones previas se han enfocado en variedades procedentes de otras regiones del mundo o en diferentes especies de *Amaranthus*, el fraccionamiento proteico puede variar incluso dentro de la misma especie, como en *Amaranthus caudatus*. Estas diferencias subrayan la riqueza genética del amaranto y la importancia de analizar cada variedad de manera independiente, ya que no solo aportan información relevante para la ciencia, sino que también abren oportunidades para el desarrollo de alimentos con características nutricionales diferenciadas.

**En la figura 9.** presenta el valor promedio del contenido de fenoles totales correspondientes a las variedades INIA 442 – La Frondosa e INIA 413 – Morocho Ayacuchano, grano cristalino de *Amaranthus caudatus*. L “kiwicha” de acuerdo con el tiempo de germinación. Los resultados de fenoles totales muestran un aumento progresivo durante la germinación en ambas variedades de kiwicha. En semillas sin germinar (0 horas), La Frondosa registró 311,53 mg GAE / 100 g y Morocho Ayacuchano 279,50 mg GAE / 100 g. Tras 24 horas, estos valores ascendieron a 441,48 mg GAE / 100 g y 504,60 respectivamente, destacando que el Morocho superó ligeramente a La Frondosa en esta etapa inicial. El crecimiento continuó a las 48 horas, alcanzando 637,35 mg GAE / 100 g en La Frondosa y 628,02 mg GAE / 100 g para morocho Ayacuchano. En 72 horas de germinado donde el incremento se hace más evidente, pues La Frondosa llega a 805,86 mg GAE / 100 g y Morocho Ayacuchano a 744,30 mg GAE / 100 g, mostrando una ventaja de La Frondosa. Finalmente, a las 96 horas, ambas variedades alcanzaron sus contenidos más altos de fenoles totales, con 878,92 mg GAE / 100 g en La Frondosa y 783,79 mg GAE / 100 g en Morocho Ayacuchano, confirmando que el tiempo de germinación incrementa sustancialmente los compuestos fenólicos. Esta tendencia ascendente indica que la germinación activa mecanismos dentro de la

semilla que favorecen la síntesis de fenoles, lo que podría ser resultado de la activación de ciertas rutas metabólicas como respuesta al proceso de germinación.

En cuanto al contenido de fenoles totales la prueba de ANOVA, con respecto al efecto de la variedad mostró un valor de  $p < 0.05$  (Anexo 10), indicando una diferencia estadísticamente significativa entre las variedades INIA-442 La Frondosa e INIA-413 Morocho Ayacuchano. Esto sugiere que las características de cada variedad influyen en la síntesis o acumulación de fenoles totales. Así mismo, el efecto del tiempo de germinación tuvo un valor de  $p < 0.05$  (Anexo 10), revelando un efecto significativo del tiempo de germinación sobre el contenido de fenoles totales. Esto implica que la germinación provoca modificaciones relevantes en la concentración para estos compuestos bioactivos, relacionadas con el metabolismo.

Sin embargo, esta correlación entre el tiempo de germinación y variedad presentó un valor  $p < 0.05$  (Anexo 10), lo que indica que sí existe una interacción significativa. Esto significa que la respuesta del contenido de fenoles con respecto al tiempo de germinación no es la misma en ambas variedades, es decir el efecto de tiempo de germinación depende de la variedad.

La concentración de fenoles totales encontrado en los granos sin germinación muestra coincidencias parciales con estudios previos, como el Klimczak et al., (2010), reportaron para *Amaranthus caudatus* un contenido de 295,50 mg / 100 g de fenoles totales, aunque ligeramente inferiores que la variedad La Frondosa de este estudio. Esta similitud parcial confirma que el *A. caudatus* es naturalmente rica en estos compuestos. Sin embargo, la diferencia se observa con *Amaranthus paniculatus*, que mostró un contenido menor de 106,86 mg / 100 g. Estos hallazgos sugieren que, aunque hay diferencias entre variedades, los valores de fenoles en *Amaranthus caudatus* tienden a ser bastante altos, encontrándose en un rango similar o mayor cuando se comparan con los resultados de distintas fuentes, como en lo reportado por Venskutonis y Kraujalis, (2013), para *Amaranthus cruentus*, presentaron valores de fenoles totales de aproximadamente 440 y 400 mg GAE / 100 g en sus variedades. Cifras que superan claramente a los observados en semillas sin germinar de las variedades estudiadas de esta investigación. Esta diferencia podría deberse a que las especies estudiadas no son las mismas, ya que el contenido natural en semillas no germinadas de *A. cruentus* parece ser mayor. Sin embargo, aunque los valores iniciales sin germinar de este estudio son menores, con 311,53 y 279,50 mg GAE / 100 g, la concentración de fenoles se incrementa a medida que avanza la germinación alcanzando hasta 878,9 mg GAE / 100 g en La Frondosa a las 96 horas. Esto significa que, si bien las cifras iniciales

pueden ser menores respecto a las reportadas por otros autores en otras especies, la germinación potencia de forma significativa el contenido de fenoles totales.

De manera similar, al comparar los valores de esta investigación con estudios anteriores, se encontraron diferencias importantes en los granos de amaranto de acuerdo a la cantidad de fenoles totales, en concordancia con lo mencionado por, López et al., (2018), reportaron 619 mg GAE / 100 g de fenoles totales. De acuerdo con esto, el contenido de semillas no germinadas en este estudio fue menor, con un promedio de 311,53 mg GAE / 100 g en la variedad La Frondosa y 279,50 mg GAE / 100 g para la variedad Morocho Ayacuchano. Esta diferencia podría estar relacionada con diversos aspectos, entre ellos el tipo particular de granos analizadas o el método de extracción utilizado, dado que López et al., consideraron al metanol como el disolvente más efectivo para la extracción de los fenoles totales en semillas. Así mismo en este estudio, los valores iniciales en semillas sin germinar fueron menores en comparación con elevados resultados informados de Aguilar et al., (2019), presentando concentraciones de fenoles totales en las especies Oscar Blanco y Cristalino con 720 mg GAE / 100 g y 678 mg GAE / 100 g respectivamente. Estas diferencias entre estudios resaltan la importancia de considerar la diversidad genética al analizar el contenido de fenoles en el amaranto, dado que no todas las variedades responden de la misma manera ante factores internos y externos. Por ello, es fundamental seguir investigando las particularidades de cada variedad para aprovechar mejor sus propiedades y promover su uso en la elaboración de alimentos funcionales que pueden ofrecer beneficios adicionales para la salud.

Por otro lado, la cantidad de fenoles totales en este estudio, después de 72 horas de germinación es superior a estudios previos, incluido el trabajo realizado por Pilco et al., (2020). Observaron que en dos variedades de kiwicha, el proceso de germinación seguido del secado al horno resultó en un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) de la cantidad de fenoles totales, registrando valores de 431,3 mg / 100 g en semillas germinadas sin secar y un ligero aumento hasta 450,4 mg / 100 g tras el secado. Estos resultados son considerablemente menores en comparación con los 805,86 mg GAE / 100 g y 744,30 mg GAE / 100 g de fenoles totales obtenidos en La Frondosa y Morocho Ayacuchano respectivamente, obtenidos solo con la germinación sin necesidad de ningún procesamiento adicional. Esta gran diferencia podría deberse a las características de las semillas del INIA utilizadas y a las condiciones específicas en las que se produjo la germinación. A pesar de que los resultados son diferentes, coincide en que ambos estudios confirman la eficacia del proceso de germinación para mejorar la kiwicha.

De igual forma, confirman el aumento de fenoles totales durante la germinación en lo reportado por Alarcón, (2022), que el contenido de fenoles totales mostró un aumento

significativo ( $p < 0.05$ ) a las 72 horas después de la germinación, de 301,54 mg GAE / 100 g en semillas sin germinar, a 351,24 mg GAE / 100 g en especie Oscar Blanco y de 275,31 mg GAE / 100 g en especie Centenario no germinada, a 345,80 mg GAE / 100 g, los datos coinciden con el presente trabajo de investigación. Sin embargo, las variedades en este estudio registraron 805,86 y 744,30 mg GAE / 100 g en ese mismo tiempo, esta diferencia fue aún más pronunciada después de 96 horas, cuando las muestras en este estudio superaron los 870 mg GAE / 100 g, lo que demuestra que las variedades INIA estudiadas poseen una capacidad excepcional para incrementar estos antioxidantes durante el proceso de germinación. Estos resultados apoyan que el proceso de germinación contribuye de manera significativa a mejorar el valor nutricional del amaranto, porque promueve la producción de antioxidantes naturales como los fenoles, que son beneficiosos para la salud.

Por consiguiente, se observó que los puntos más altos para fenoles totales en puntos específicos del proceso evaluado dentro de la investigación, se producen a las 72 horas de germinación y continuó aumentando hasta las 96 horas, demostrando un incremento significativo ( $p < 0.05$ ) consistente en ambas variedades evaluadas. Al comparar estos resultados con los obtenidos por Sarmiento y Pachari, (2022), quienes reportaron que después de 72 horas de germinación el contenido en el grano rosado fue de 574 mg GAE / 100 g, cantidad que se encuentra por debajo de los valores obtenidos para las variedades de este estudio. En cambio, el grano negro reportado por Sarmiento y Pachari alcanzó 926 mg GAE / 100 g, teniendo también un incremento significativo ( $p < 0.05$ ) hasta las 96 horas de germinación, superando considerablemente las cifras obtenidas en este trabajo; aunque solo en esa etapa específica de germinación. Esta comparación resalta cómo la variedad de amaranto influye notablemente en la concentración de fenoles, y aunque nuestros resultados superan los del grano rosado, no alcanzan el nivel del grano negro en ese punto, evidenciando un comportamiento diferente en la acumulación de compuestos antioxidantes.

Comparando los resultados de este estudio con los de Paško et al., (2008), quienes evaluaron variedades de *Amaranthus cruentus*, informaron que las semillas sin germinar presentaron una concentración de fenoles totales; 464 mg GAE / 100 g y 424,6 mg GAE / 100 g para las dos variedades respectivas. Sin embargo, después de 144 horas de germinación, el contenido disminuyó aproximadamente a 383 mg GAE / 100 g para ambas variedades. Posee una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), pero va negativamente, lo que sugiere cuando el periodo de germinación se prolonga hay una reducción notable de la concentración de fenoles totales. Por el contrario, las variedades estudiadas en este estudio poseen una significancia ( $p < 0.05$ ) pero con un aumento alcanzando

contenidos de fenoles totales muy altos después de 96 horas de germinación, sin observarse disminución dentro de ese período. Esta diferencia indica que, con tiempos de germinación más largos, como las 144 horas estudiadas por Paško et al., puede ocurrir un consumo o movilización de los fenoles para sostener el crecimiento prolongado de las plántulas, lo que explicaría la disminución de su contenido. Este comportamiento sugiere que el contenido de fenoles totales puede aumentar hasta cierto punto durante la germinación. Sin embargo, con una germinación más prolongada (más de 120 horas), disminuye y se utiliza para el metabolismo antioxidante, defensivo o estructural (Teng y Chen, 2019). Esto resalta la importancia de ajustar los tiempos de germinación para maximizar la calidad funcional de las semillas de amaranto y aprovechar la diversidad genética de nuestras variedades locales.

Este hallazgo refuerza que el proceso de germinación, además de ser un mecanismo natural y de fácil aplicación, tiene el potencial de mejorar el aporte nutricional de los granos. Dado que no todas las variedades de amaranto se comportan de la misma manera, es importante estudiar cada una en detalle.

## VI. CONCLUSIONES

- El contenido de proteínas solubles en germinados de la variedad INIA-442 La Frondosa luego de 0, 24, 48, 72, 96 horas es 16,8%; 22,8%; 23,2%; 24,3%; 19,5% respectivamente mientras que en la variedad INIA-413 Morocho Ayacuchano es de 15,4%; 19,3%; 20,6%; 21,8%; 17,7% respectivamente.
- El contenido de proteínas solubles mostró un incremento significativo en el periodo de germinación de 72 horas en ambas variedades teniendo una cantidad de 24,3% en la variedad INIA-442 La Frondosa y 21,8% en la variedad INIA-413 Morocho Ayacuchano.
- El contenido de fenoles totales en germinados de la variedad INIA-442 La Frondosa luego de 0, 24, 48, 72, 96 horas es 311,53; 441,48; 637,35; 805,86; 878,92 mg GAE/100g respectivamente, mientras que en la variedad INIA-413 Morocho Ayacuchano es de 279,50; 504,60; 628,02; 744,30; 783,79 mg GAE/100g respectivamente.
- El contenido de fenoles totales durante los tiempos de germinación tuvo un incremento significativo a las 96 horas en ambas variedades teniendo una cantidad de 878,92 mg GAE/100g en la variedad INIA-442 La Frondosa y 783,79 mg GAE/100g en la variedad INIA-413 Morocho Ayacuchano.
- El contenido de los fraccionamientos proteicos de las semillas de la variedad INIA-442 La Frondosa de acuerdo con su solubilidad, fueron: glutelinas con 36,80%; albúminas con un 30,77%; globulinas con 24,15% y prolaminas un 6,55%; mostrando un mayor contenido de glutelinas. Mientras que en la variedad INIA-413 Morocho Ayacuchano, fueron: glutelinas con 37,30%; albúminas con un 31,83%; globulinas con 25,55% y prolaminas un 5,32%; mostrando un mayor contenido de glutelinas.
- El porcentaje de germinación de semillas de la variedad INIA-442 La Frondosa fue 90% y de la variedad INIA-413 Morocho Ayacuchano fue 87,5%.

## VII. RECOMENDACIONES

- Analizar otros antioxidantes como flavonoides, taninos o vitamina C para tener un perfil funcional más completo.
- Ampliar los tiempos de germinación en la determinación de fenoles totales para determinar el punto óptimo que maximice su contenido.
- Incluir otras variedades de *Amaranthus caudatus* L. o incluso de otras especies de pseudocereales, lo cual permitiría comparar la respuesta de diferentes genotipos al proceso de germinación.
- Complementar el análisis con la determinación de la actividad antioxidante de los extractos, de modo que los resultados sobre fenoles totales tengan una relación directa con su funcionalidad biológica.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrahar, D., Zaidi, A., & Dwivedi, S. (2018). Development of gluten free eggless cake using gluten free composite flours made from sprouted and malted ingredients and its physical, nutritional, textural, rheological and sensory properties evaluation. *Journal of Food Science and Technology*, 55(7), 2621-2630. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3183-1>
- Aguilar, E. J., Romero, M., Enciso, E., Herrera, O., Común, P., Yuli, R., Chacaltana, L., & Pari, B. (2019). Antioxidant Activity of the Germinated Seed of Four Varieties of *Amaranthus Caudatus* L. from Peru. *Pharmacognosy Journal*, 11(3), 588-593. <https://doi.org/10.5530/pj.2019.11.93>
- Alarcón, L. M. (2022). Efecto del tiempo de germinación en el contenido de polifenoles totales, actividad antioxidante y proteínas en dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Braz Dent J.*, 33(1), 1-111. [https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/1312/T\\_104.pdf?sequence=1](https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/1312/T_104.pdf?sequence=1)
- Association Of Analytical Chemists. (2000). Official methods of analysis. 1(Volume 1), 69-771. <https://doi.org/10.1201/9781003354116-6>
- Azcón, J. T. M. (2008). Fundamentos de Fisiología Vegetal. En *Revista de Ciência Elementar* (Vol. 3, Número 4). <https://doi.org/10.24927/rce2015.204>
- Barba de la Rosa, A. P., Fomsgaard, I. S., Laursen, B., Mortensen, A. G., Olvera-Martínez, L., Silva-Sánchez, C., Mendoza-Herrera, A., González-Castañeda, J., & De León-Rodríguez, A. (2009). Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) as an alternative crop for sustainable food production: Phenolic acids and flavonoids with potential impact on its nutraceutical quality. *Journal of Cereal Science*, 49(1), 117-121. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.07.012>
- Barrio, D. A., & Añón, M. C. (2016). Potential antitumor properties of a protein isolate obtained from the seeds of *Amaranthus mantegazzianus*. *European Journal of Nutrition*, 49(2), 73-82. <https://doi.org/10.1007/s00394-009-0051-9>
- Cai, Y. Z., Corke, H., & Wu, H. X. (2004). Amaranth Production and Development. *Encyclopedia of Grain Science*, 1-10. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/B0-12-765490-9/00001-X>
- Campos José. (2024). Cert. Kiwicha INIA 413.pdf.

- Chauhan, A., Saxena, D. C., & Singh, S. (2015). Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus spp.*) flour. *LWT*, 63(2), 939-945. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.115>
- Colmenares De Ruiz', A. S., & Bressani, R. (1990). Effect of Germination on the Chemical Composition and Nutritive Value of Amaranth Grain.
- Cordero, M. Y., Osuna, J. A., Borodanenko, A., & Paredes, O. (2005). Physicochemical and functional characterisation of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) protein isolates obtained by isoelectric precipitation and micellisation. *Food Science and Technology International*, 11(4), 269-280. <https://doi.org/10.1177/1082013205056491>
- D'Amico, S., & Schoenlechner, R. (2018). Amaranth: Its Unique Nutritional and Health-Promoting Attributes. En *Gluten-Free Ancient Grains: Cereals, Pseudocereals, and Legumes: Sustainable, Nutritious, and Health-Promoting Foods for the 21st Century*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100866-9.00006-6>
- Dergal, S. (2015). Química de los alimentos. En *Química de los alimentos*. <https://fcen.uncuyo.edu.ar/upload/libro-badui200626571.pdf>
- Donazzolo, J., Possenti, J. C., Guollo, K., Danner, M. A., & Belle, I. C. (2017). Germination of amaranth seeds under influence of light, substrate and temperature. *Revista de Ciencias Agroveterinarias*, 16(2), 190-194. <https://doi.org/10.5965/223811711622017190>
- Estrada, R. (2020). Experiencias y logros Programa Nacional de Cereales, Granos Andinos y Leguminosas. *Inia*, 1-30. [https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1160/1/Experiencias\\_y\\_logros\\_Programa\\_Nacional\\_de\\_Cereales%2C\\_Granos\\_Andinos\\_y\\_Leguminosas\\_INIA.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1160/1/Experiencias_y_logros_Programa_Nacional_de_Cereales%2C_Granos_Andinos_y_Leguminosas_INIA.pdf)
- Fernández, E., & Galván, A. (2006). Métodos para la cuantificación de proteínas. <https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/27%20METODOS%20PARA%20LA%20CUANTIFICACION%20DE%20PROTEINAS.pdf>
- Gamarra, N. (2021). Valores nutricionales y propiedades funcionales de la harina de sangorache (*Amaranthus Hybridus* L.) adistintis tiempos de germinado. 50-77. [https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/986/T\\_0623.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/986/T_0623.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- García, H., & Vásquez, R. (1998). Cuantificación de Proteínas. <https://biblat.unam.mx/es/revista/biotecnologia/articulo/cuantificacion-de-proteinas-una-revision>
- García, J., Ruiz, N., Lira, R., Vera, I., & Méndez, B. (2016). Técnicas Para Evaluar Germinación, Vigor y Calidad Fisiológica de Semillas Sometidas a Dosis de Nanopartículas. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/334/1/T%c3%a9cnicas%20Para%20Evaluar%20Germinaci%c3%b3n%2c%20Vigor%20y%20Calidad%20Fisiol%c3%b3gica%20de%20Semillas%20Sometidas%20a%20Dosis%20de%20Nanopart%c3%adculas.pdf>

- Geraldo, J. (2021). Determinación de Proteínas Solubles - Laboratorio de Bioquímica. September, 0-5. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23817.77920>
- Gómez, A., Rastogi, N. K., & Srivastava, B. (2020). The impact of germination on the composition and functional properties of chia (*Salvia hispanica* L.), quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), and amaranth (*Amaranthus spp.*) seeds. En *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 97, pp. 265-275). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.015>
- González, E., Pita, J. M., Pérez, C., & Pérez, F. (1997). Effect of Cryopreservation on Seed Germination of Different Leguminosae Species. 797-802. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-5716-2\\_87](https://doi.org/10.1007/978-94-011-5716-2_87)
- Goyoaga, C. (2005). Estudio de Factores no Nutritivos en "Vicia faba L.": Influencia de la Germinación Sobre su Valor Nutritivo. En Universidad Complutense de Madrid.
- Guardianelli, L. M., Salinas, M. V., & Puppo, M. C. (2022). Quality of wheat breads enriched with flour from germinated amaranth seeds. *Food Science and Technology International*, 28(5), 388-396. <https://doi.org/10.1177/10820132211016577>
- Heldt, H.-W. (2005). PLANT BIOCHEMISTRY. En *Sustainability (Switzerland)* (third, Vol. 11, Número 1). [http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484\\_SISTEM\\_P\\_EMBETUNGAN\\_TERPUSAT\\_STRATEGI\\_MELESTARI](http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_P_EMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI)
- Hinostroza, M. (2020). Efecto De La Germinacion De Quinoa Y Kiwicha En El Contenido De Fenolicos Totales, Betalainas, Vitamina C Y Actividad Antioxidante. Universidad Nacional Del Centro Del Peru Facultad De Ingenieria En Industrias Alimentarias, 76. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1590%0Ahttps://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1693>
- Holman, R., Robbins W. (1982). *Botanica General*. <https://es.scribd.com/document/379717191/Botanica-General-Richard-M-Holman-Wilfred-W-Robbins-1ra-Edicion>
- Iidowu, A., Eloho, P., Odunola, Adunni, O., Gbadegesin, Adedapo, M., Oke, Abiola, Orkpeh, & Uterdzua. (2013). Assessment of the protein quality of twenty nine grain amaranth (*Amaranthus spp.* L.) accessions using amino acid analysis and one-dimensional electrophoresis. *African Journal of Biotechnology*, 12(15), 1802-1810. <https://doi.org/10.5897/ajb12.2971>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2011). Alimento nuestro para el mundo. Instituto Nacional De Innovacion Agraria Programa Nacional De Investigacion En Cultivos Andinos Estacion Experimental Agraria Andenes Cusco Unidad De Extension Agraria – Eea Andenes Cusco Unidad De Investigacion – Eea Andenes Cusco.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2020). PROYECTO 150 PI: "Obtención de una nueva variedad de kiwicha grano amiláceo comprobada y adaptada a las condiciones agroecológicas de la sierra".

- Klimczak, I., Małecka, M., & Pacholek, B. (2010). Antioxidant activity of ethanolic extracts of amaranth seeds. *Nahrung - Food*, 46(3), 184-186. [https://doi.org/10.1002/1521-3803\(20020501\)46:3<184::AID-FOOD184>3.0.CO;2-H](https://doi.org/10.1002/1521-3803(20020501)46:3<184::AID-FOOD184>3.0.CO;2-H)
- Konishi, y Yoshimoto. (1991). Amaranth globulin as a heat-stable emulsifying agent. *Agricultural and Biological Chemistry*. <https://doi.org/10.1271/bbb1961.55.3327>.
- Kupina, S., Fields, C., Roman, M. C., & Brunelle, S. L. (2019). Determination of total phenolic content using the Folin-C assay: Single-laboratory validation, first action 2017.13. *Journal of AOAC International*, 102(1), 320-321. <https://doi.org/10.1093/jaoac/102.1.320>
- Kylen, A., & McCreedy. (1975). Nutrients in Seeds and Sprouts of Alfalfa. *Journal of Food Science*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1975.tb02254.x>.
- López, O. A., López, A., y Palou, E. (2018). Antioxidant capacity of extracts from amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) seeds or leaves. *Industrial Crops and Products*, 53, 55-59. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.12.017>
- Lowry, O. H., Rosesbrough, N. J., Farr, A. L., & Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *The Journal of biological chemistry*, 193(1), 265-275. [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(19\)52451-6](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(19)52451-6)
- Martínez, I., Periago, M. J., & Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 50(1), 5-18.
- Martínez, O., y Martínez, E. (2016). Proteínas y peptidos en nutrición enteral. <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21s2/original1.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú. (2015). Kiwicha. 5, 6. <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/sectoragrario/agricola/lineasdecultivosemergentes/KIWICHA.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú. (2019). KIWICHA. Repositorio MIDAGRI, 1, 1-42. [https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/181/1/KIWICHA\\_2014.pdf](https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/181/1/KIWICHA_2014.pdf)
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú, & Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2006). Kiwicha Inia 413 Morocho Ayacuchano. 1-2.
- Montoya, A., de Mejía, E. G., Dia, V. P., Reyes, C., & Milán, J. (2014). Extrusion improved the anti-inflammatory effect of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) hydrolysates in LPS-induced human THP-1 macrophage-like and mouse RAW 264.7 macrophages by preventing activation of NF-κB signaling. *Molecular Nutrition and Food Research*, 58(5), 1028-1041. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201300764>
- Mujica, A., Chura, E., Moscoso, G., & Vignale, N. (2018). Innovaciones tecnológicas en los cultivos andinos conseguidas en la última década. *Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria*, 109-120.
- Müntz, K. (1998). Deposition of storage proteins. En *Plant Molecular Biology* (Vol. 38).
- Najdi, S., Orsat, V., Azadi, B., & Kubow, S. (2016). Improvement of the in vitro protein digestibility of amaranth grain through optimization of the malting process. *Journal of Cereal Science*, 68, 59-65. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.11.007>

- Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2(5), 270-278. <https://doi.org/10.4161/oxim.2.5.9498>
- Paško, P., Sajewicz, M., Gorinstein, S., & Zachwieja, Z. (2008). Analysis of selected phenolic acids and flavonoids in *Amaranthus cruentus* and *Chenopodium quinoa* seeds and sprouts by HPLC. *Acta Chromatographica*, 20(4), 661-672. <https://doi.org/10.1556/AChrom.20.2008.4.11>
- Paucar, L. M. (2017). Germination increased phytochemicals and antioxidant activity of kiwicha Optimal conditions ( 26 °C and 63 h ) were identified by response surface methodology Hydroxycinnamic quinic acid derivatives were the most abundant phenolics Prediction models showed. *Food Science and Technology*. [https://digital.csic.es/bitstream/10261/151661/4/optimizing\\_germination\\_Paucar.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/151661/4/optimizing_germination_Paucar.pdf)
- Paucar, L., & Milani, E. (2017). Optimization of germination time and temperature to maximize the content of bioactive compounds and the antioxidant activity of purple corn (*Zea mays* L.) by response surface methodology. *Journal of Cereal Science*, 75, 369-277. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.05.005>
- Pérez, A. (2010). Cultivo de kiwicha en la sierra central. INIA - Repositorio Institucional , 1-24.
- Pérez, F., & Pita, J. M. (1999). Dormición de semillas. Hojas Divulgadoras. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España., 2103 HD, 1-19.
- Pérez, I. F., Sotelo, A. M., López, G., & Martínez, M. A. (2023). Amaranth Seeds and Sprouts as Functional Ingredients for the Development of Dietary Fiber, Betalains, and Polyphenol-Enriched Minced Tilapia Meat Gels. *Molecules*, 28(1). <https://doi.org/10.3390/molecules28010117>
- Pilco, S., Tian, Y., Yang, B., Carrasco, R., & Suomela, J. P. (2020). Effects of germination and kilning on the phenolic compounds and nutritional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Cereal Science*, 94(February), 102996. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102996>
- Pismag, R., Chaparro, D., Elizalde, A., Vivas, N., y Erazo, C. (2010). Efecto de la germinación sobre el contenido y digestibilidad de proteína en semillas de amaranto, quinua. 8.
- Prudencio, L., Quispe, J., & Pérez, I. (2023). El cultivo reciente de Kiwicha (*Amaranthus Caudatus*.L) en el Perú: Exapansión de producción y comercialización. 30, 167-190.
- Rastogi, A., & Shukla, S. (2013). Amaranth: A New Millennium Crop of Nutraceutical Values. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(2), 109-125. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.517876>
- Ruiz, A., Hermosín-Gutiérrez, I., Mardones, C., Vergara, C., Herlitz, E., Vega, M., Dorau, C., Winterhalter, P., & Von Baer, D. (2010). Polyphenols and antioxidant activity of calafate (*berberis microphylla*) fruits and other native berries from Southern Chile. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(10), 6081-6089. <https://doi.org/10.1021/jf100173x>

- Sadowska, I., & Bartosz, G. (2014). Effect of antioxidants supplementation on aging and longevity. *BioMed Research International*, 2014II. <https://doi.org/10.1155/2014/404680>
- Sánchez, M., López, B., & López, E. (2008). Biosensores amperométricos de tirosinasa para la determinación de compuestos fenólicos en medios acuosos y no acuosos. Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones. <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/85d1dd17-873e-4f58-a721-2c3c6b780f62/content>
- Sánchez, M. F., Gutiérrez, R., Cuevas, E. O., Milán, J., Perales, J., & Reyes, C. (2018). Propiedades Fisicoquímicas y Nutracéuticas de Granos Integrales (Amaranto/Chía) Procesados en Condiciones Óptimas de Germinación. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3, 639-644.
- Sarmiento, W., & Pachari, E. (2022). Impact of germination on the bioactive compounds of two ecotypes of black and pink kiwicha grains (*Amaranthus caudatus* L.). *Revista Chilena de Nutrición*, 49(6), 723-733. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182022000700723>
- Segura, M., & Paredes, O. (1994). *Amaranth Biology, Chemistry, and Technology* (O. Paredes López, Ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351069601>
- Shewry, P. R., & Halford, N. G. (2002). Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization. <https://academic.oup.com/jxb/article-abstract/53/370/947/537249>
- Silva, C., Barba De La Rosa, A. P., León, M. F., De Lumen, B. O., De León, A., & González, E. (2018). Bioactive peptides in amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) seed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(4), 1233-1240. <https://doi.org/10.1021/jf072911z>
- Singleton, L., y Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 144-158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Solano, M. (2018). Elaboración y evaluación de una bebida alcohólica de amaranto (*Amaranthus sp.*).
- Teng, H., y Chen, L. (2019). Polyphenols and bioavailability: an update. En *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 59, Número 13, pp. 2040-2051). Taylor and Francis Inc. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1437023>
- Venskutonis, P. R., y Kraujalis, P. (2013). Nutritional Components of Amaranth Seeds and Vegetables: A Review on Composition, Properties, and Uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(4), 381-412. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12021>
- Wilson. (2022). Compuestos bioactivos y actividad antioxidante apartir de la harina de kiwicha.pdf.
- Wood, D., Betschart, A. A., & Saunders, R. M. (1981). Morphological Studies on *Amaranthus cruentus*. *Journal of Food Science*, 46(4), 1170-1174. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb03017.x>
- Yetunde, E., Olufunmilayo, O., & Enujiugha, V. N. (2018). Biochemical and Nutritional Compositions of Two Accessions of *Amaranthus Cruentus* Seed Flour. *American*

Journal of Food Science and Technology, 6(4), 145-150.  
<https://doi.org/10.12691/ajfst-6-4-3>

Zheleznov, A. V., Solonenko, L. P., & Zheleznova, N. B. (2019). Seed proteins of the wild and the cultivated *Amaranthus* species. *Euphytica*, 97(2), 177-182.  
<https://doi.org/10.1023/A:1003073804203>

## **ANEXOS**

Anexo 1. Certificación de la clasificación taxonómica de *Amaranthus caudatus* L.  
"Kiwicha", variedad INIA – 442. La Frondosa.

**JOSÉ R. CAMPOS DE LA CRUZ**  
**CONSULTOR BOTÁNICO**  
**C. B. P. 3796**  
Cel: 963689079  
Email: jocamde@gmail.com



## **CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN BOTÁNICA**

JOSÉ RICARDO CAMPOS DE LA CRUZ. BIÓLOGO COLEGIADO. CBP 3796 – INSCRITO EN EL REGISTRO DE PROFESIONALES QUE REALIZAN CERTIFICACIONES DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ESPECÍMENES Y PRODUCTOS DE FLORA – RESOLUCIÓN DIRECTORAL N.º 0311-2013- MINAGRI-DGFFS-DGEFFS.

### **CERTIFICA:**

Que, Nelson William García Palomino, con grado académico de Bachiller, egresado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Biología, con fines de investigación, ha solicitado la identificación y certificación botánica de semillas de kiwicha de la variedad INIA 442: La Frondosa, proporcionada por la Estación Experimental Agraria Canaán Huamanga -Ayacucho, la muestra de semillas ha sido identificada con el nombre científico: *Amaranthus caudatus* L. Mediante la presente, se certifica conforme a la base de datos de W<sup>3</sup>Tropicos del Missouri Botanical Garden que sigue el sistema moderno de clasificación del grupo de filogenia de las angiospermas (APG III), publicado en 1998, y la actualización realizada en 2016 por APG IV. Este sistema evita el uso de la nomenclatura taxonómica clásica por arriba de orden. Chase Mark W. & James L. Reveal (2009 – en APG III) consideran a todas las plantas verdes en la Clase Equisetopsida. Teniendo en cuenta los datos de la base de W<sup>3</sup>Tropicos, APG III, APG IV y WFO la especie identificada presenta las siguientes categorías taxonómicas y cladus:


Reino: Plantae  
División: Angiospermae  
Clase: Equisetopsida  
Subclase: Magnoliidae  
Superorden: Caryophyllanae  
Orden: Caryophyllales  
Familia: Amaranthaceae  
Género: *Amaranthus*  
Especie: *Amaranthus caudatus* L.

Variedad Agronómica: Kiwicha Inia 442 La Frondosa

Nombres vulgares: "Kiwicha", "Quihuicha".

Se expide la presente certificación botánica para fines de investigación.

Lima, 06 de noviembre de 2024

  
José R. Campos De La Cruz  
BIÓLOGO  
C. B. P. 3796

Jr. Sánchez Silva 156 – Piso 2–Urb. Santa Luzmila –Lima 07 –Lima

**Anexo 2.** Certificación de la clasificación taxonómica de *Amaranthus caudatus* L.  
“Kiwicha”, variedad INIA – 413. Morocho Ayacuchano, grano cristalino.

**JOSÉ R. CAMPOS DE LA CRUZ**  
**CONSULTOR BOTÁNICO**  
**C. B. P. 3796**  
Cel: 963689079  
Email: jocamde@gmail.com



## **CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN BOTÁNICA**

JOSÉ RICARDO CAMPOS DE LA CRUZ, BIÓLOGO COLEGIADO, CBP 3796 – INSCRITO EN EL REGISTRO DE PROFESIONALES QUE REALIZAN CERTIFICACIONES DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ESPECÍMENES Y PRODUCTOS DE FLORA – RESOLUCIÓN DIRECTORAL N.º 0311-2013- MINAGRI-DGFFS-DGEFFS.

### **CERTIFICA:**

Que, Nelson William García Palomino, con grado académico de Bachiller, egresado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Biología, con fines de investigación, ha solicitado la identificación y certificación botánica de semillas de kiwicha de la variedad INIA 413 - Morocho Ayacuchano grano cristalino, proporcionada por Estación Experimental Agraria Santa Ana Junín, la muestra de semillas ha sido identificada con el nombre científico: *Amaranthus caudatus* L. Mediante la presente, se certifica conforme a la base de datos de W<sup>3</sup>Tropicos del Missouri Botanical Garden que sigue el sistema moderno de clasificación del grupo de filogenia de las angiospermas (APG III), publicado en 1998, y la actualización realizada en 2016 por APG IV. Este sistema evita el uso de la nomenclatura taxonómica clásica por arriba de orden. Chase Mark W. & James L. Reveal (2009 – en APG III) consideran a todas las plantas verdes en la Clase Equisetopsida. Teniendo en cuenta los datos de la base de W<sup>3</sup>Tropicos, APG III, APG IV y WFO. La especie identificada presenta las siguientes categorías taxonómicas y cladós:

Reino: Plantae  
División: Angiospermae  
Clase: Equisetopsida  
Subclase: Magnoliidae  
Superorden: Caryophyllanae  
Orden: Caryophyllales  
Familia: Amaranthaceae  
Género: *Amaranthus*  
Especie: *Amaranthus caudatus* L.

Variedad Agronómica: Kiwicha INIA 413. morocho Ayacuchano grano cristalino

Nombres vulgares: “Kiwicha”, “Quihuicha”.

Se expide la presente certificación botánica para fines de investigación.

Lima, 06 de setiembre de 2024

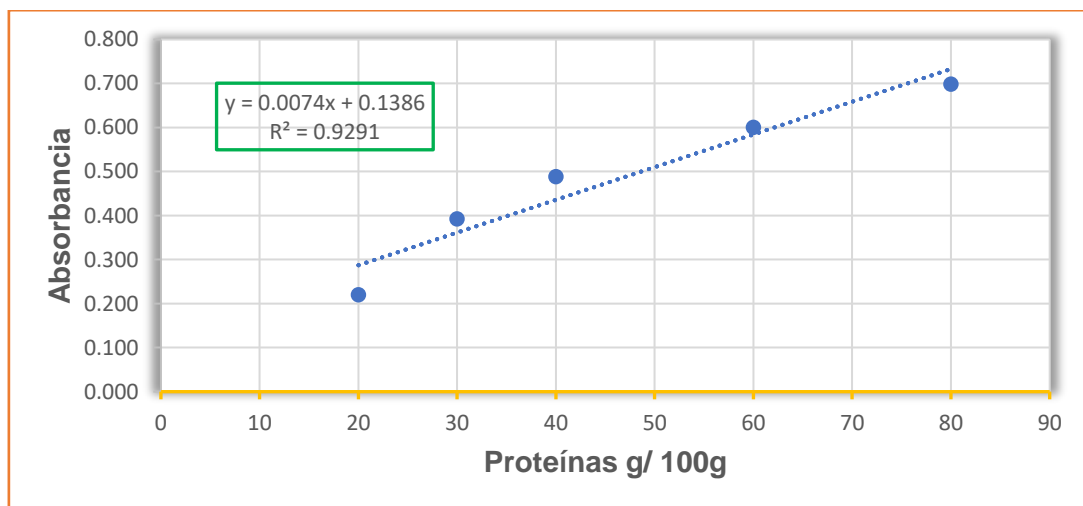
  
José R. Campos De La Cruz  
BIÓLOGO  
C.B.P. 3796

*Jr. Sánchez Silva 156 - Piso 2-Urb. Santa Luzmila -Lima 07 -Lima*

**Anexo 3.** Gráfica de la curva de calibración para determinar la concentración de proteínas solubles.

Concentración de proteínas solubles	Absorbancia
20	0.220
30	0.393
40	0.489
60	0.601
80	0.699

Nota: Datos de la absorbancia de las diferentes diluciones de proteínas.

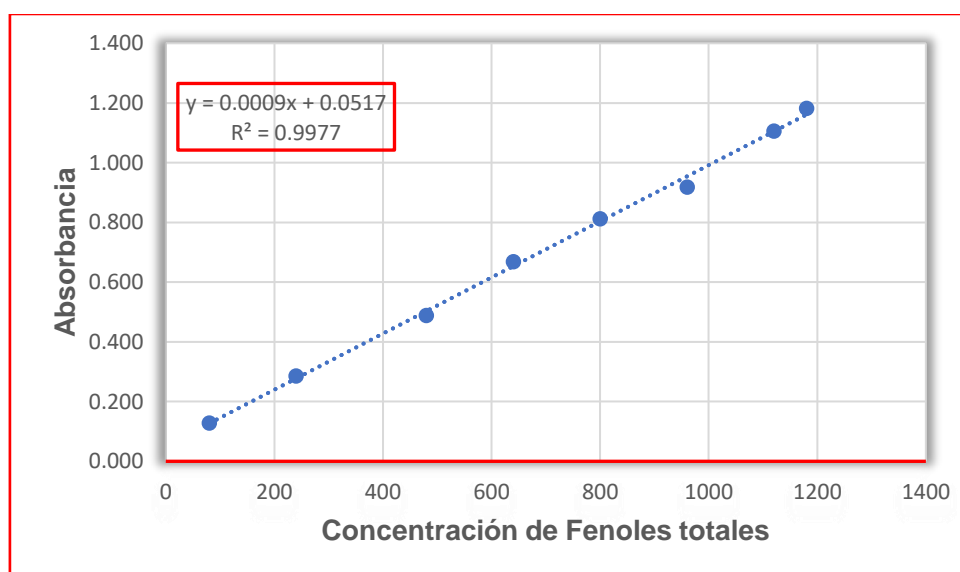


En esta curva de calibración se evidencia el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) mide la precisión o el grado de vinculación entre dos variables numéricas. Donde si el coeficiente se acerca a 1, señala una relación sólida. El resultado que se obtuvo fue de 0.9291, que se aproxima a 1, lo que señala una fuerte relación entre las variables analizadas.

**Anexo 4.** Gráfica de la curva de calibración para determinar la concentración de fenoles totales.

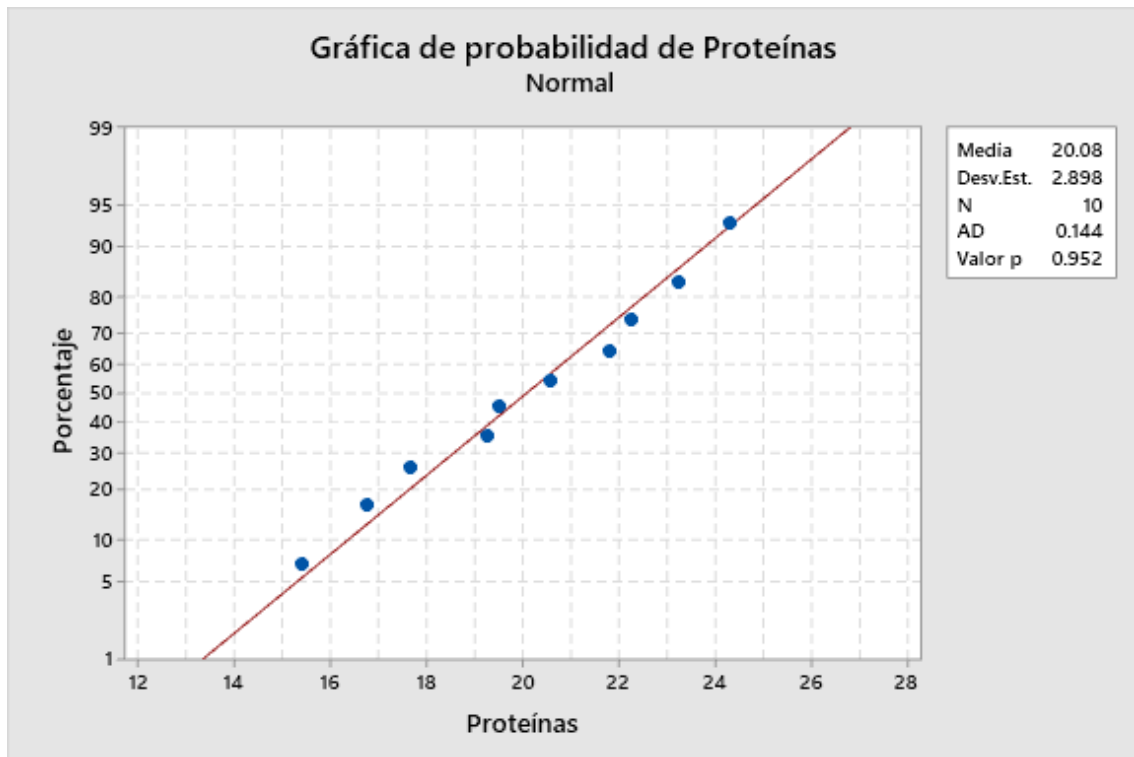
Concentración de fenoles totales	Absorbancia
80	0.127
240	0.285
480	0.488
640	0.668
800	0.812
960	0.918
1120	1.105
1180	1.181

Nota: Datos de la absorbancia de las diferentes diluciones de fenoles totales.

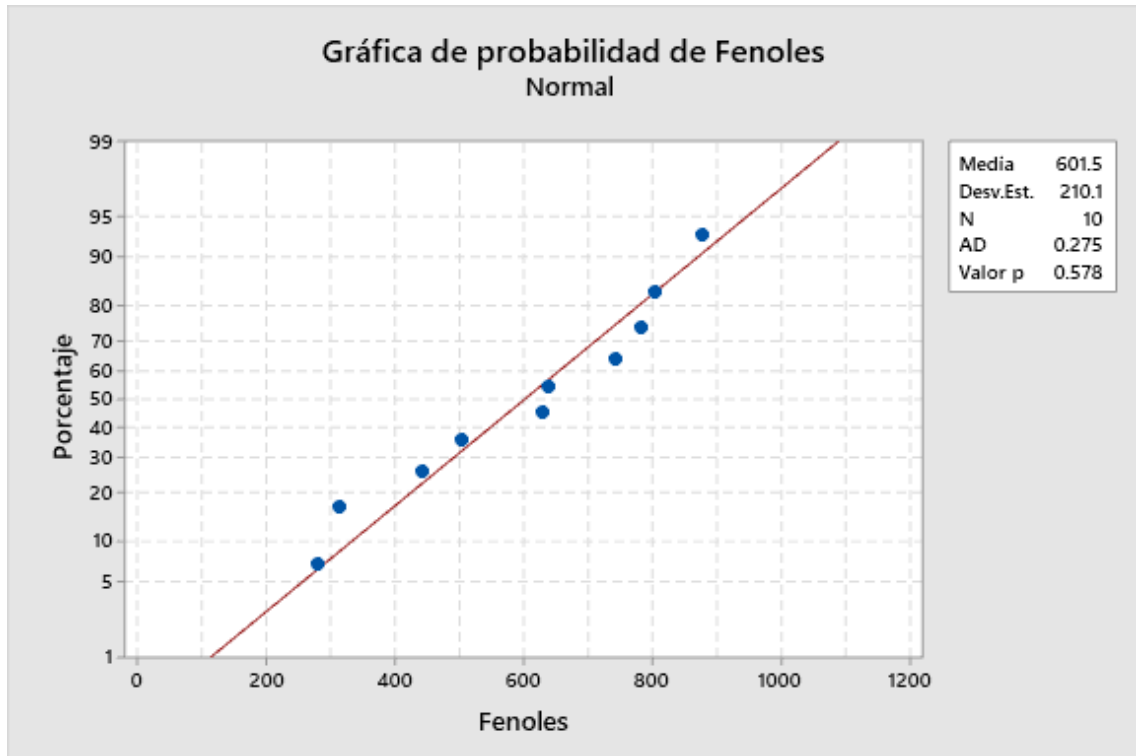


En esta curva de calibración se evidencia el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), donde si el coeficiente se acerca a 1, señala una relación fuerte. El resultado que se obtuvo fue de 0.9977, que se aproxima a 1, lo que señala una fuerte relación entre las variables analizadas.

**Anexo 5.** Prueba de la Normalidad para las proteínas solubles mediante Anderson-Darling.



**Anexo 6.** Prueba de la Normalidad para los Fenoles totales mediante Anderson-Darling.



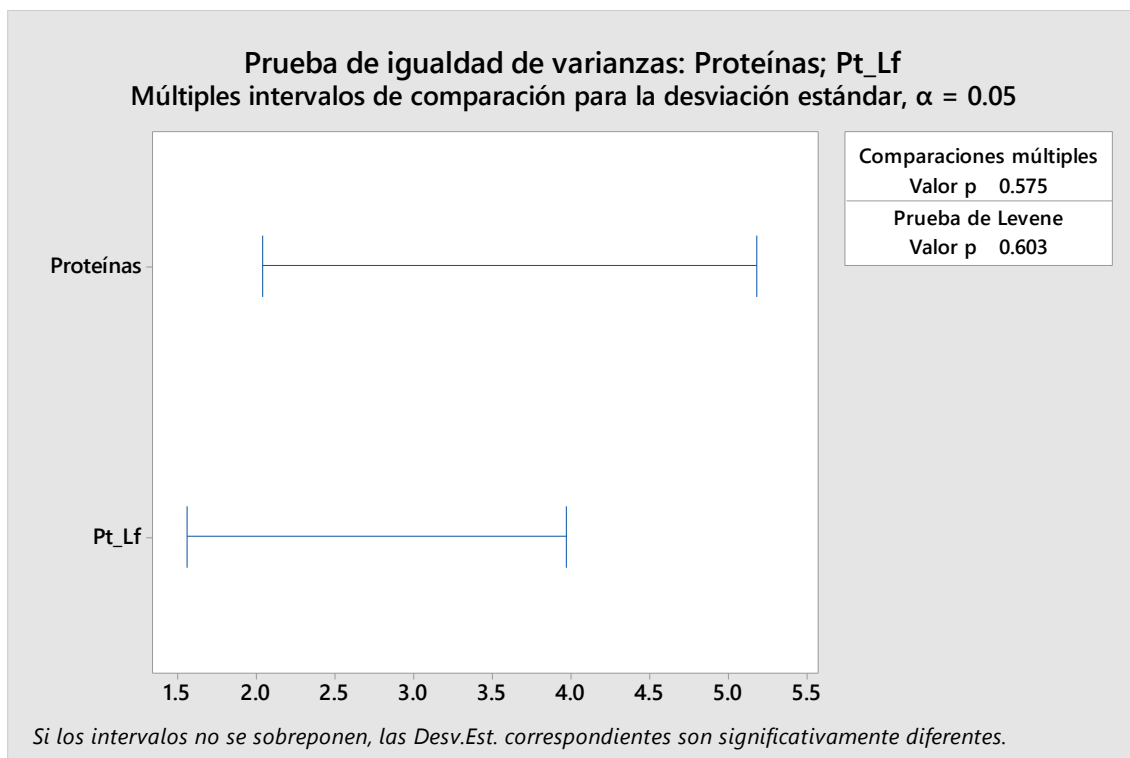
**Anexo 7.** Evaluación de homogeneidad de varianzas en proteínas solubles mediante la prueba de Levene.

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	0.31	0.575
Levene	0.29	0.603

Hipótesis nula ( $H_0$ ) Todas las varianzas son iguales

Hipótesis alterna ( $H_a$ ) Por lo menos una varianza es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$



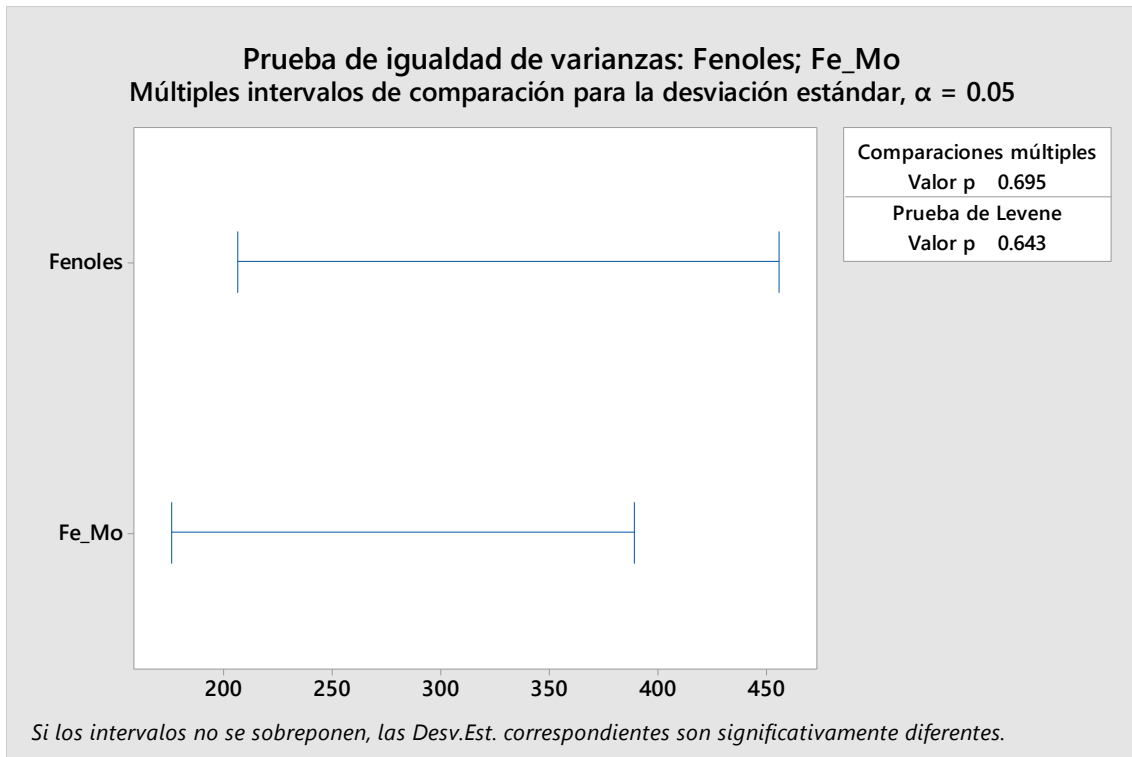
**Anexo 8.** Evaluación de homogeneidad de varianzas en fenoles totales mediante la prueba de Levene.

Hipótesis nula ( $H_0$ ) Todas las varianzas son iguales

Hipótesis alterna ( $H_a$ ) Por lo menos una varianza es diferente

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	0.15	0.695
Levene	0.23	0.643



**Anexo 9.** Prueba de ANOVA bifactorial con interacción aplicada al contenido de proteínas solubles.

**Información del factor**

<b>Factor</b>	<b>Tipo Niveles</b>	<b>Valores</b>
Variedad	Fijo 2	INIA-442 La Frondosa; INIA-413 Morocho Ayacuchano
Tiempo de germinación	de Fijo 5	0 horas; 24 horas; 48 horas; 72 horas; 96 horas

**Análisis de Varianza**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Variedad	1	36.018	39.0184	21.47	0.000
Tiempo de germinación	4	185.114	462784	25.46	0.000
Variedad*Tiempo de germinación	de 4	2.622	0.6555	0.36	0.834
Error	20	36.349	1.8174		
Total	29	263.103			

**Anexo 10.** Prueba de ANOVA bifactorial con interacción aplicada al contenido de fenoles totales.

**Información del factor**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Variedad	Fijo	2	INIA-442 La Frondosa; INIA-413 Morocho Ayacuchano
Tiempo de germinación	Fijo	5	0 horas; 24 horas; 48 horas; 72 horas; 96 horas

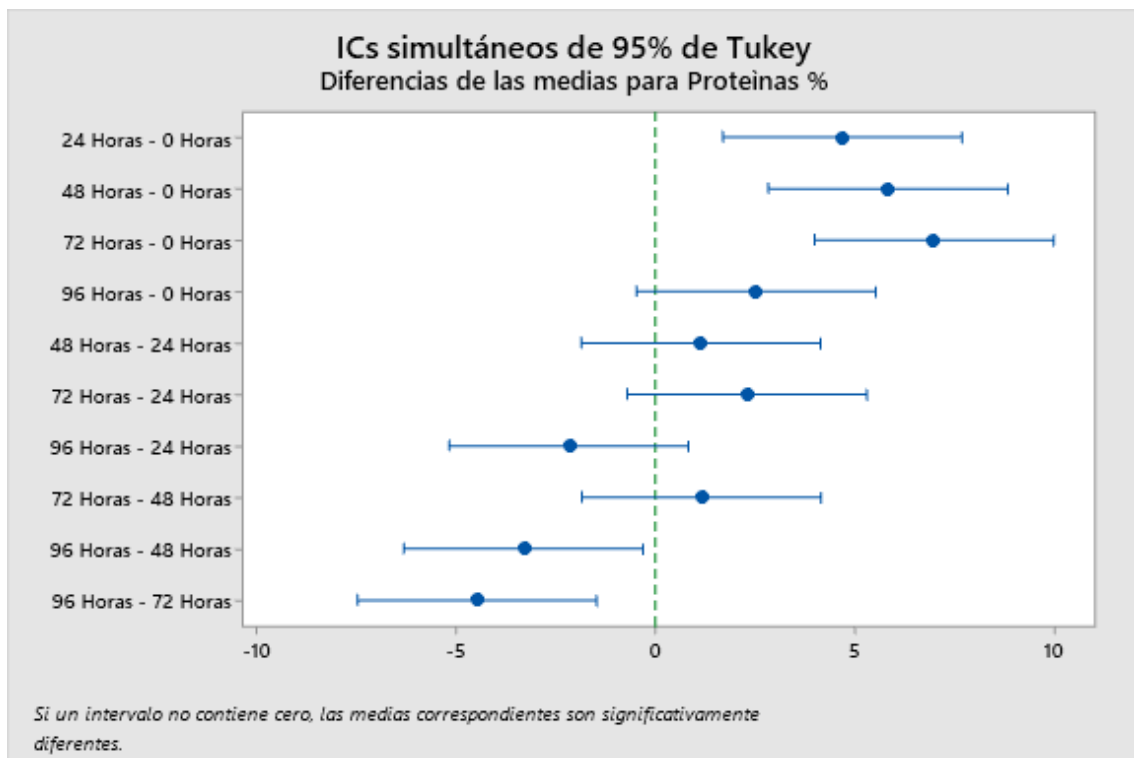
**Análisis de Varianza**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo de germinación	4	1164401	291100	115385.48	0.000
Variedad	1	5462	5462	2165.01	0.000
Tiempo de germinación*Variedad	4	21442	5361	2124.81	0.000
Error	20	50	3		
Total	29	1191355			

**Anexo 11.** Evaluación comparativa múltiple de Tukey para contrastar el contenido de proteínas solubles según el tiempo de germinación.

Tiempo de germinación	N	Media	Agrupación
72 horas	6	23.053	A
48 horas	6	21.898	A
24 horas	6	20.757	A B
96 horas	6	18.598	B C
0 horas	6	16.073	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



**Anexo 12.** Evaluación comparativa múltiple de Tukey para contrastar el contenido de proteínas solubles según la variedad de *Amaranthus caudatus* L. "kiwicha".

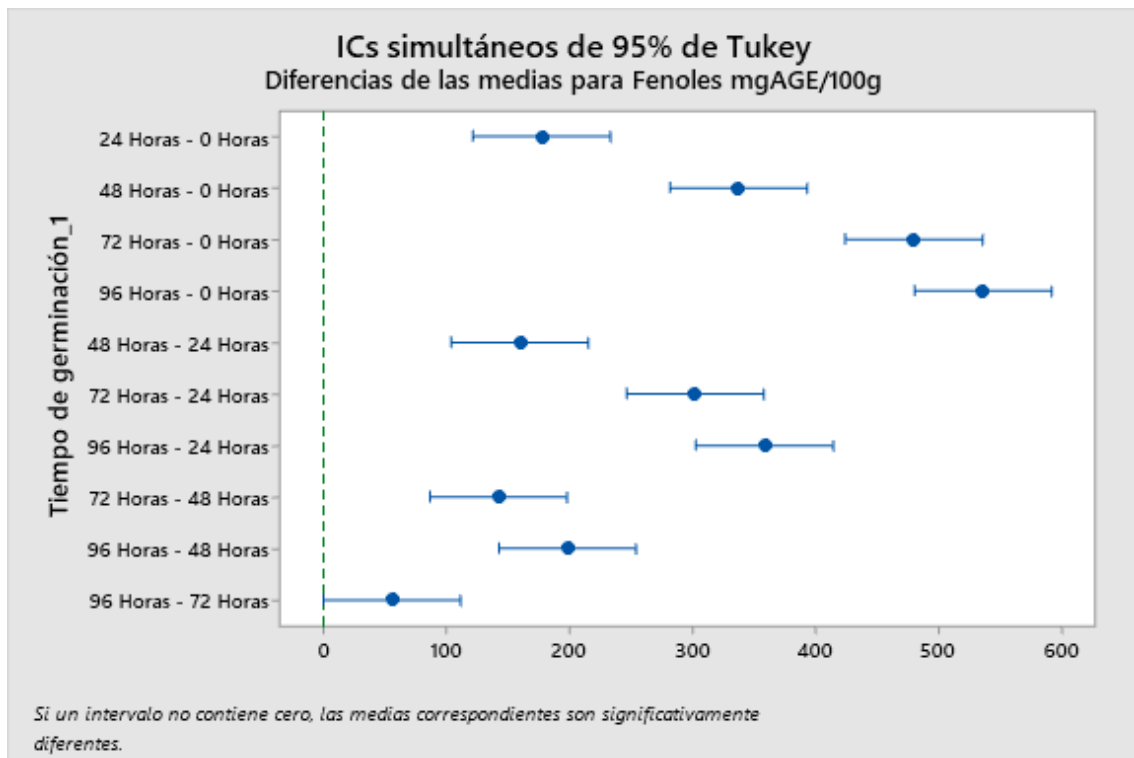
<b>Variedad</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
L.F	15	21.216	A
M.O	15	18.935	B

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

**Anexo 13.** Evaluación comparativa múltiple de Tukey para contrastar el contenido de fenoles totales según el tiempo de germinación.

Tiempo de germinación_1	N	Media	Agrupación
96 horas	6	831.356	A
72 horas	6	775.082	B
48 horas	6	632.688	C
24 horas	6	473.039	D
0 horas	6	295.514	E

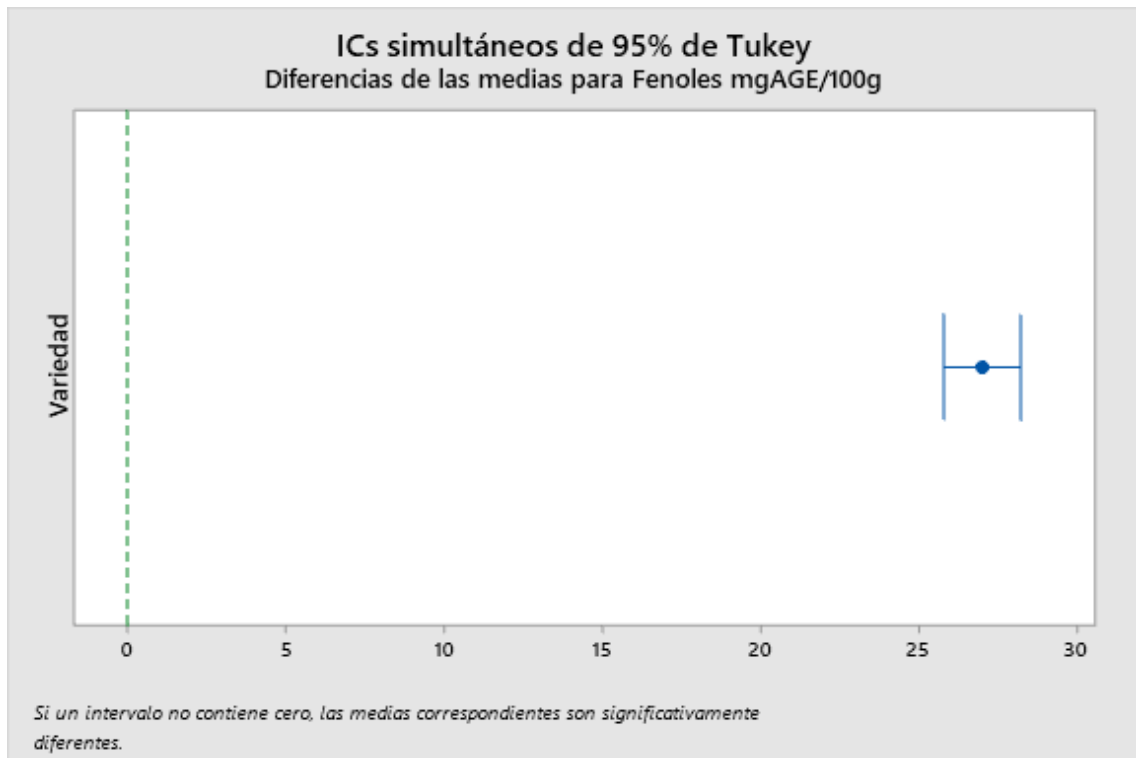
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



**Anexo 14.** Evaluación comparativa múltiple de Tukey para contrastar el contenido de Fenoles totales según la variedad de *Amaranthus caudatus* L. "kiwicha".

Variedad	N	Media	Agrupación
INIA-442 La Frondosa	15	615.029	A
INIA-413 Ayacuchano	15	588.043	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Anexo 15.** Evaluación comparativa múltiple de Tukey para contrastar el contenido de Fenoles totales según la interacción entre la variedad y los tiempos de germinación.

<b>Variedad*Tiempo de germinación</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
INIA-442 La Frondosa 96 Horas	3	878.924	A
INIA-442 La Frondosa 72 Horas	3	805.861	B
INIA-413 Morocho Ayacuchano 96 Horas	3	783.787	C
INIA-413 Morocho Ayacuchano 72 Horas	3	744.303	D
INIA-442 La Frondosa 48 Horas	3	637.352	E
INIA-413 Morocho Ayacuchano 48 Horas	3	628.025	F
INIA-413 Morocho Ayacuchano 24 Horas	3	504.596	G
INIA-442 La Frondosa 24 Horas	3	441.483	H
INIA-442 La Frondosa 0 Horas	3	311.525	I
INIA-413 Morocho Ayacuchano 0 Horas	3	279.502	J

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

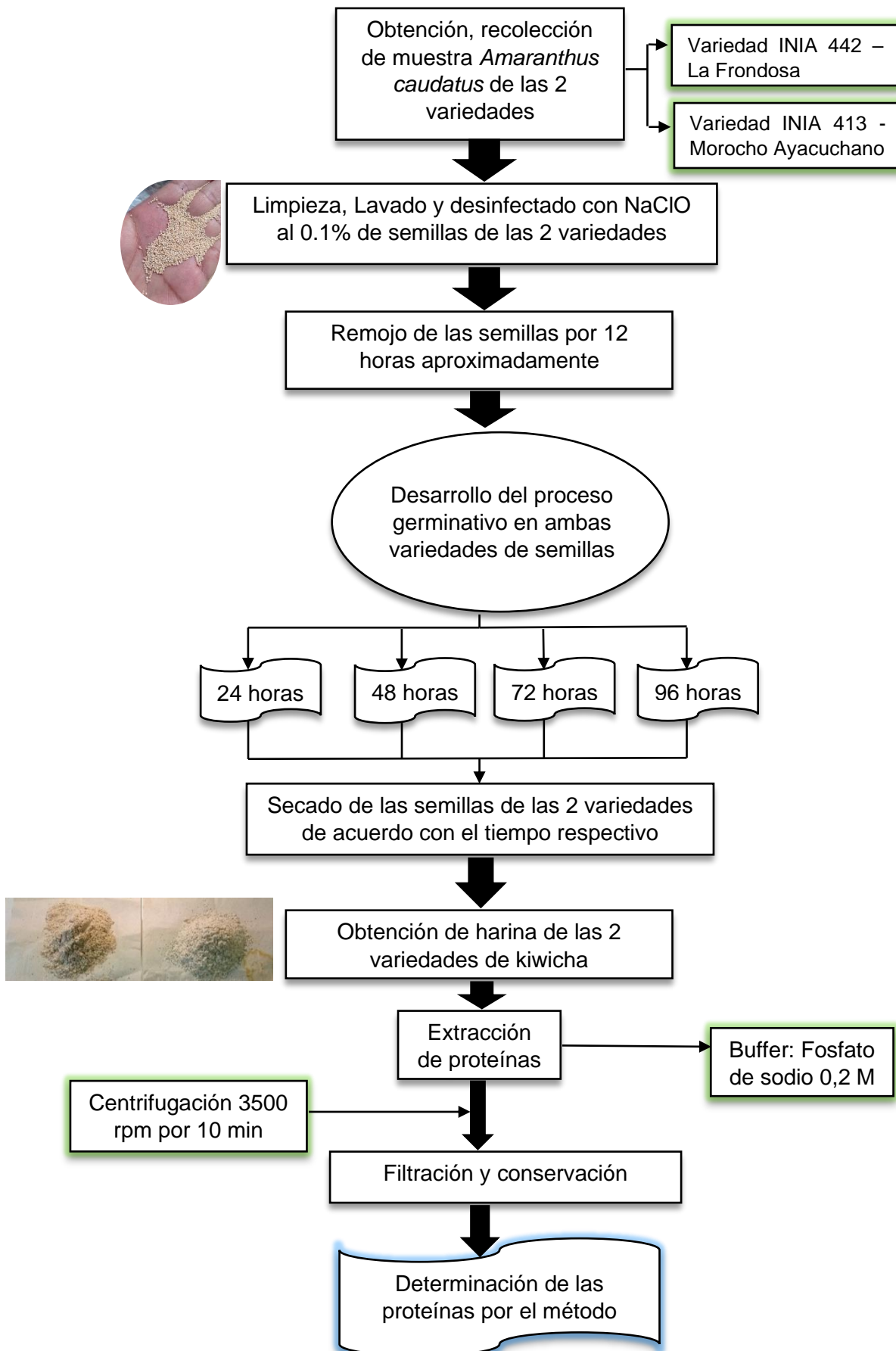
**Anexo 16.** Contenido promedio de proteínas solubles en (%) en ambas variedades de *Amaranthus caudatus* L. “kiwicha”, según al diseño factorial AxB.

<b>Variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L.</b>		
<b>Factor A</b>		
<b>Tiempo de germinación</b>	INIA – 442 La Frondosa	INIA – 413 Morocho Ayacuchano, grano
<b>Factor (B)</b>	(a1)	cristalino (a2)
0 horas (b 1)	16,8 (b1 x a1)	15,4 (b1 x a2)
24 horas (b 2)	22,8 (b2 x a1)	19,3 (b2 x a2)
48 horas (b 3)	23,2 (b3 x a1)	20,6 (b3 x a2)
72 horas (b 4)	24,3 (b4 x a1)	21,8 (b4 x a2)
96 horas (b 5)	19,5 (b5 x a1)	17,7(b5x a2)

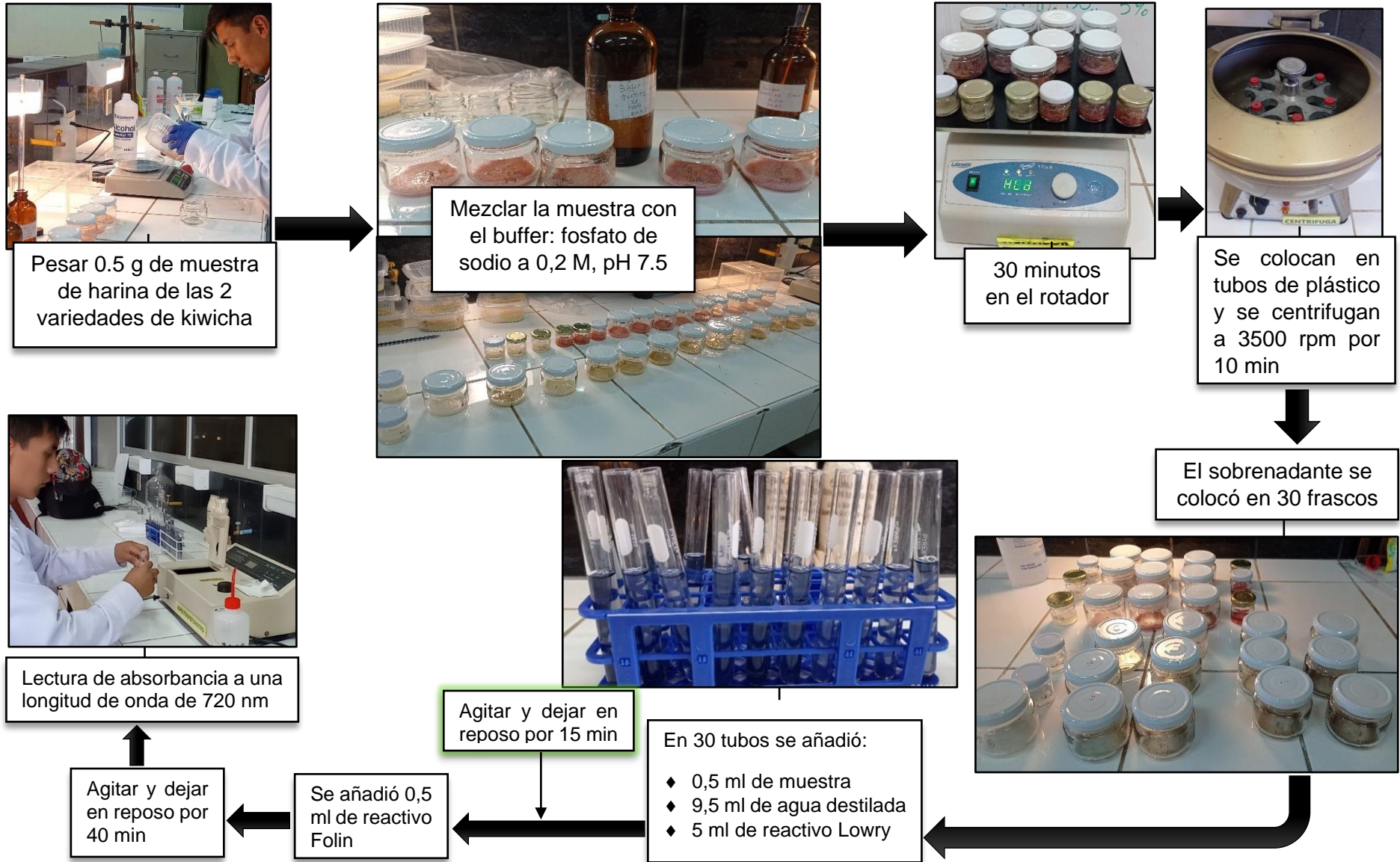
**Anexo 17.** Contenido promedio de fenoles totales en (mg GAE/100g) de las dos variedades de *Amaranthus caudatus L.*, según al diseño factorial AXB.

<b>Variedades de <i>Amaranthus caudatus L.</i></b>		
<b>Factor A</b>		
<b>Tiempo de germinación</b>	INIA – 442 La Frondosa	INIA – 413 Morocho Ayacuchano, grano
<b>Factor (B)</b>	(a1)	cristalino (a2)
0 horas (b 1)	311,53 (b1 x a1)	279,50 (b1 x a2)
24 horas (b 2)	441,48 (b2 x a1)	504,60 (b2 x a2)
48 horas (b 3)	637,35 (b3 x a1)	628,02 (b3 x a2)
72 horas (b 4)	805,85 (b4 x a1)	744,30 (b4 x a2)
96 horas (b 5)	878,92 (b5 x a1)	783,79 (b5x a2)

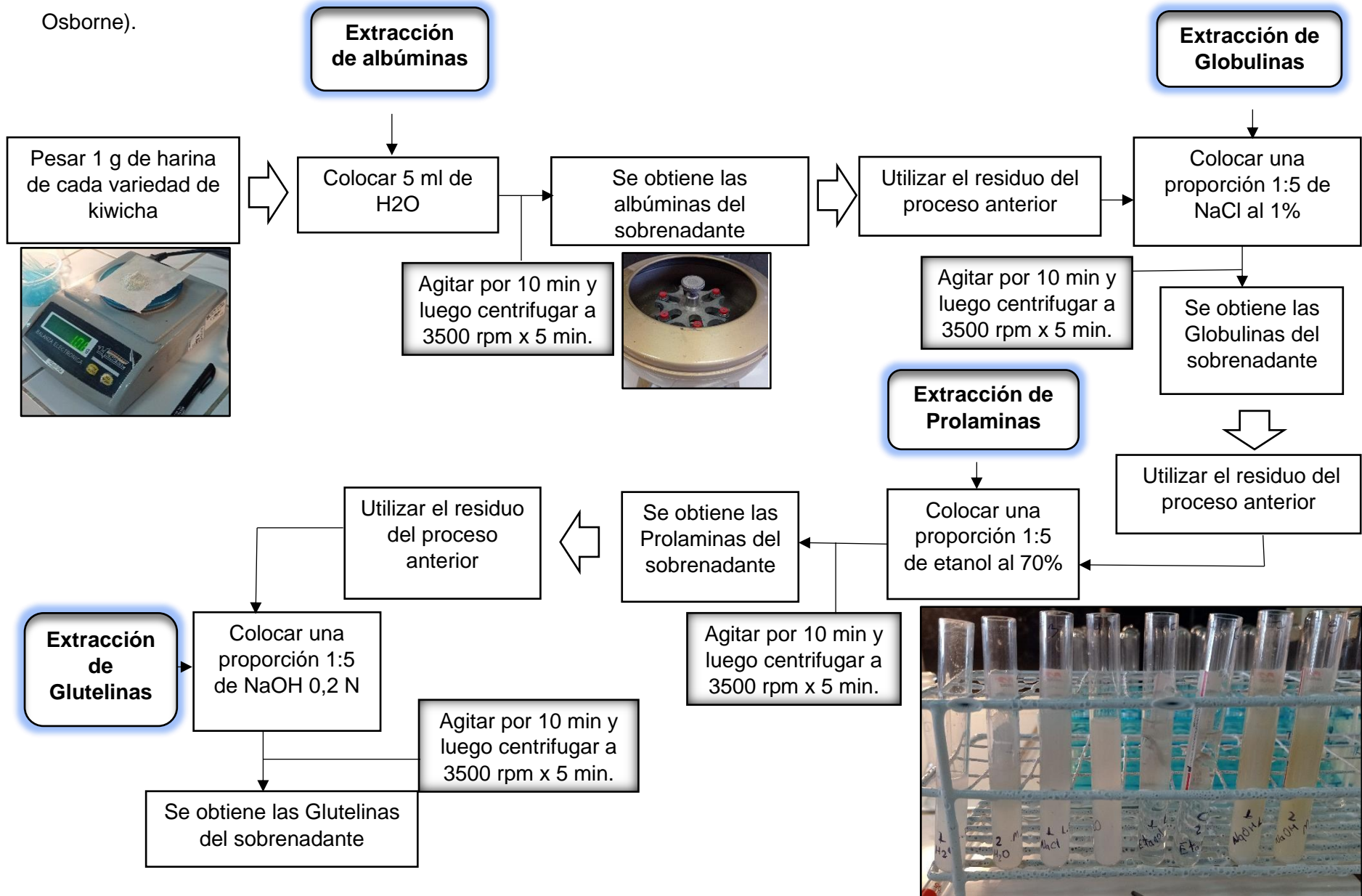
**Anexo 18.** Flujograma de la obtención de muestra y extracción de proteínas de las dos variedades de *Amaranthus caudatus* L. "kiwicha".



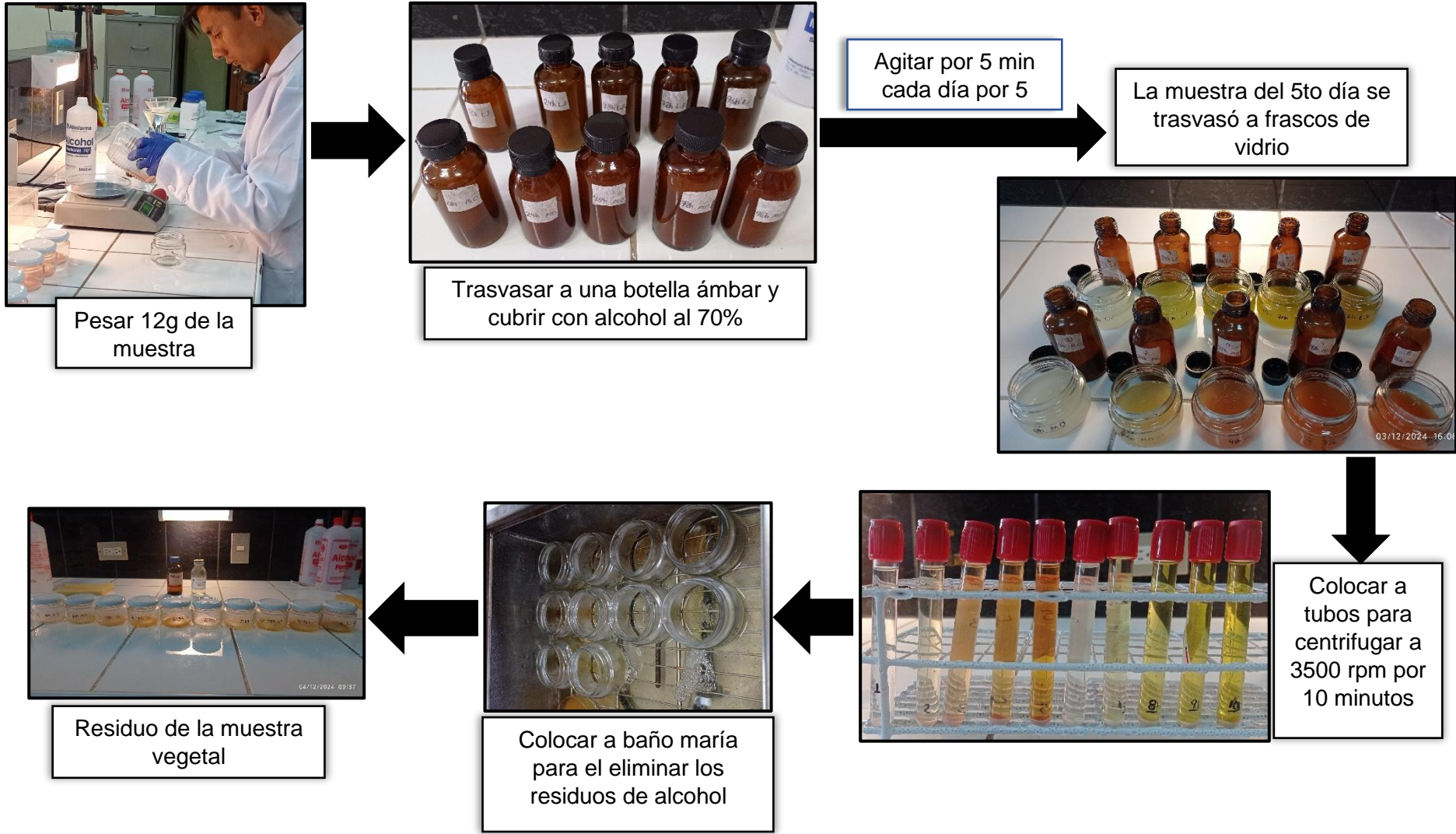
**Anexo 19.** Flujo de trabajo del procedimiento para la cuantificación de proteínas de los germinados de *Amaranthus caudatus* L. "kiwicha".



**Anexo 20.** Flujograma de la extracción de proteínas de reserva de los germinados de *Amaranthus caudatus* L. "kiwicha" (según el método de Osborne).



**Anexo 21.** Flujograma de la obtención del extracto hidroalcohólico de los germinados de *Amaranthus caudatus* L. "kiwicha".



**Anexo 22.** Flujograma de la cuantificación del contenido de fenoles totales de *Amaranthus caudatus* L. "kiwicha" por el método de espectrofotometría de Folin – Ciocalteu.

### Curva de Calibración



Se preparó la solución patrón de ácido gálico 1g/L y disolvió en agua destilada; se enrazó en un volumen de 25 ml con etanol.



Se obtiene concentraciones de 80, 240, 480, 640, 800, 960, 1120 y 1180 mg/L

Agregar:

Folin – Ciocalteu: 0,25 ml  
(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) al 20 %: 1,25 ml

### Preparación de la muestra



Se tomó 1 mL de la muestra hidroalcohólica y se colocó en fiolas de 10ml.

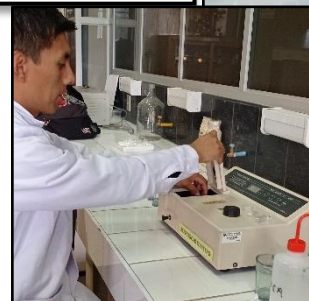


Se agregó 0,5 ml del reactivo Folin-Ciocalteu y 1 ml de carbonato de sodio al 20 %.

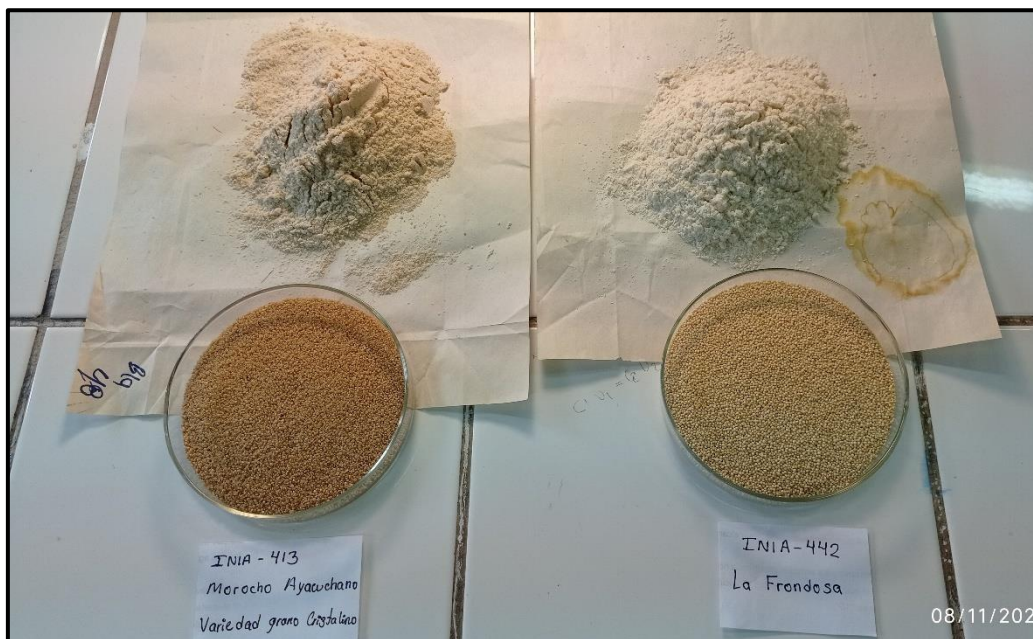
Enrazar con agua destilada y dejar reposar por 50 minutos.



Se realizó la lectura de la absorbancia a una longitud de onda de 705 nm.



**Anexo 23.** Muestra de la harina y las semillas de las 2 variedades de *Amaranthus caudatus* L. "kiwicha".



**Anexo 24.** Muestra de los germinados secos de las 2 variedades de *Amaranthus caudatus* L. "kiwicha".

INIA - 442 La Frondosa



INIA - 413. Morochó



**Anexo 25.** Germinados de las 2 variedades de *Amaranthus caudatus* L. “kiwicha”, en los diferentes tiempos de germinación.



INIA- 442 La Frondosa en 24 horas de germinación



INIA- 442 La Frondosa en 48 horas de germinación



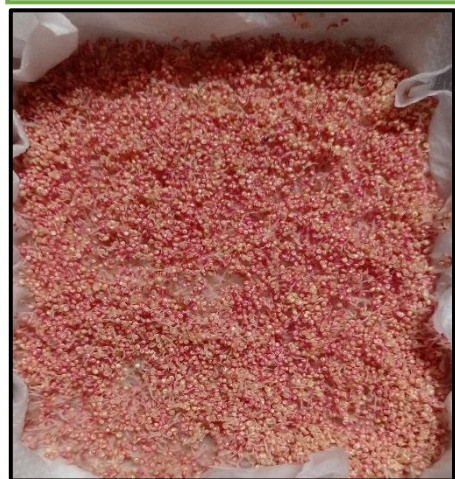
INIA- 442 La Frondosa en 72 horas de germinación



INIA- 442 La Frondosa en 96 horas de germinación



INIA 413 – Morocho Ayacuchano, variedad cristalina en 24 horas de germinación



INIA 413 – Morocho Ayacuchano, variedad cristalina en 48 horas de germinación



INIA 413 – Morocho Ayacuchano, variedad cristalina en 72 horas de germinación



INIA 413 – Morocho Ayacuchano, variedad cristalina en 96 horas de germinación

Anexo 26. Matriz de consistencia

**Título:** Efecto del tiempo de germinación en el contenido de proteínas solubles y fenoles totales en dos variedades de *Amaranthus caudatus* L." kiwicha" Ayacucho, 2024

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	MARCO TEÓRICO	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>¿Cuál será el efecto del tiempo de germinación en el contenido de proteínas solubles y fenoles totales en dos variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L. "kiwicha" Ayacucho, 2024?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál será el efecto del tiempo de germinación en el contenido de proteínas solubles en dos variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L.?</li> <li>• ¿Cuál será el efecto del tiempo de germinación en el contenido de fenoles</li> </ul>	<p><b>Objetivo general:</b> Evaluar el efecto del tiempo de germinación en el contenido de proteínas solubles y fenoles totales en dos variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L. "kiwicha" Ayacucho, 2024.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Determinar el contenido de proteínas solubles en germinados de dos variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L. "kiwicha" luego de 0, 24, 48, 72, 96 horas.</li> <li>2. Comparar el contenido de proteínas solubles luego de las 0, 24, 48, 72, 96 horas en semillas y germinados de las dos variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L. "kiwicha".</li> <li>3. Determinar el contenido de fenoles totales en germinados de dos variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L.</li> </ol>	<p><b>Hipótesis de la investigación</b></p> <p><b>Hipótesis general</b></p> <p>El tiempo de germinación incrementa el contenido de proteínas y fenoles totales en dos variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L. "kiwicha".</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El tiempo durante el proceso de germinación incrementa el contenido de proteínas solubles en dos variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L.</li> </ol>	<p><b>Antecedentes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ <b>Proteínas solubles y germinación de semillas de <i>Amaranthus</i></b></li> <li>♦ <b>Contenido de fenoles totales y el tiempo de germinación en variedades de <i>Amaranthus</i></b></li> </ul> <p><b>Marco conceptual</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ <b>Kiwicha</b></li> <li>♦ <b>Variedades de kiwicha</b></li> <li>♦ <b>Composición Nutricional</b></li> <li>♦ <b>Proteínas</b></li> <li>♦ <b>Compuestos bioactivos de la kiwicha</b></li> <li>♦ <b>Compuestos fenólicos</b></li> <li>♦ <b>Fenoles totales</b></li> <li>♦ <b>Germinado de semilla de kiwicha</b></li> </ul>	<p><b>Variable 1:</b> Tiempo de germinación de las semillas de <i>Amaranthus caudatus</i> L. "kiwicha"</p> <p><b>Indicadores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 0 horas</li> <li>- 24 horas</li> <li>- 48 horas</li> <li>- 72 horas</li> <li>- 96 horas</li> </ul> <p><b>Variable 2:</b> - Contenido de proteínas solubles</p> <p>- Contenido de fenoles totales</p> <p><b>Indicadores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- %</li> <li>- mg GAE/ 100g</li> </ul>	<p><b>Tipo y diseño de investigación</b></p> <p>Experimental</p> <p><b>Población</b></p> <p>Conformada por las semillas de dos variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L., (variedad INIA- 442 La Frondosa) y (variedad INIA 413- Morocho Ayacuchano, grano cristalino) procedentes del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de la provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho del 2024.</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>01 kg de semillas no germinadas de cada variedad de <i>Amaranthus caudatus</i> L. "kiwicha", (variedad INIA-442 La Frondosa) y (variedad INIA 413- Morocho Ayacuchano, grano cristalino).</p> <p><b>DISEÑO EXPERIMENTAL</b></p> <p>Se realizarán 5 tiempos de germinación 0, 24, 48, 72, 96 horas respectivamente que vendrán a ser los tratamientos las cuales contarán con tres repeticiones cada una, la distribución de la posición del conjunto de semillas será realizada bajo un diseño completamente aleatorizado (DCA) y se hará un sorteo de la</p>

<p>totales en dos variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L.?</p> <p>• ¿Cuál será el efecto del tiempo de germinación en el contenido de proteínas solubles en los fraccionamientos de la semilla de dos variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L.?</p>	<p>“kiwicha” luego de 0, 24, 48, 72, 96 horas.</p> <p>4. Comparar el contenido de fenoles totales en extracto hidroalcohólico, luego de las 0, 24, 48, 72, 96 horas en semillas y germinados de las dos variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “kiwicha”.</p> <p>5. Determinar el contenido del fraccionamiento proteico de las semillas de dos variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “kiwicha”.</p> <p>6. Establecer el porcentaje de germinación de las semillas de dos variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “kiwicha”.</p>	<p>“kiwicha” luego de 0, 24, 48, 72, 96 horas.</p> <p>2.El tiempo durante el proceso de germinación incrementa el contenido de fenoles totales en dos variedades de <i>Amaranthus caudatus</i> L. “kiwicha” luego de 0, 24, 48, 72, 96 horas.</p>			<p>posición de la fila y columna donde estas estarán dispuestas.</p> <p><b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b></p> <p>Para el análisis estadístico, y medir el efecto del tiempo germinado sobre el contenido de proteínas solubles y fenoles totales, se realizará el diseño con arreglo factorial 2 x 5, (variedad INIA- 442 La Frondosa) y (variedad INIA 413- Morocho Ayacuchano, grano cristalino); (tiempo de germinado: 0, 24, 48, 72 y 92 horas); haciendo un total 10 tratamientos con tres repeticiones.</p>
--	---	---	--	--	---



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS  
Bach. Nelson William GARCIA PALOMINO  
RESOLUCIÓN DECANAL N° 441-2025-UNSCH-FCB-D

En la ciudad de Ayacucho, siendo las cuatro de la tarde del día viernes veintiocho de noviembre del año dos mil veinticinco; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, participando como presidente el Dr. Saturnino Martín Tenorio Bautista, el Blgo. Tomás Yuret Miranda Tomasevich (miembro – jurado), la Mg. Silvia Yessica Berrospi Huillca (miembro – jurado), el Dr. Raúl Antonio Mamani Aycachi (miembro – asesor) y actuando como secretario docente el Mg. Luis Uriel Moscoso García, para presenciar la sustentación de tesis titulada: Efecto del tiempo de germinación en el contenido de proteínas solubles y fenoles totales en dos variedades de *Amaranthus caudatus* L. “kiwicha” Ayacucho, 2024, presentado por el Bach. Nelson William GARCIA PALOMINO; el presidente luego de verificar la documentación presentada, indicó al secretario docente dar lectura a la documentación generada que refrenda el presente acto académico, luego dispuso el inicio del acto de sustentación, indicando al sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece en el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Culminada la exposición, el presidente invitó a cada uno de los Miembros del Jurado a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas al sustentante. Culminada esta etapa, el presidente invitó al sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones correspondientes; cuyos resultados son los que se consignan a continuación:

Miembros del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta/preguntas	Promedio
Blgo. Tomás Yuret Miranda Tomasevich	18	18	18
Mg. Silvia Yessica Berrospi Huillca	17	16	17
Dr. Raúl Antonio Mamani Aycachi	18	16	17
		PROMEDIO	17

El sustentante alcanzó el promedio de 17 aprobatorio. Acto seguido, el presidente autorizó el ingreso del sustentante y el público al Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga dando a conocer los resultados e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las seis con treinta minutos; firmando al pie del presente en señal de conformidad.

  
Dr. Saturnino Martín Tenorio Bautista  
Presidente

  
Blgo. Tomás Yuret Miranda Tomasevich  
Miembro - jurado

  
Mg. Silvia Yessica Berrospi Huillca  
Miembro – jurado

  
Dr. Raúl Antonio Mamani Aycachi  
Miembro – asesor

  
Mg. Luis Uriel Moscoso García  
Secretario Docente



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA - ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA


CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

Nº 073-2025-FCB-D

Yo, FIDEL RODOLFO MUJICA LENGUA, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Efecto del tiempo de germinación en el contenido de proteínas solubles y fenoles totales en dos variedades de *Amaranthus caudatus* L. "kiwicha" Ayacucho, 2024**, por NELSON WILLIAM GARCIA PALOMINO; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 8%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU.

En consecuencia, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 24 de diciembre del 2025.

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
Escuela Profesional de Biología  
Dr. Fidel R. Mujica Lengua  
DIRECTOR

Efecto del tiempo de  
germinación en el contenido de  
proteínas solubles y fenoles  
totales en dos variedades de  
Amaranthus caudatus L.  
"kiwicha" Ayacucho, 2024

*por* NELSON WILIAM GARCIA PALOMINO

---

**Fecha de entrega:** 22-dic-2025 08:43p. m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2850761043

**Nombre del archivo:** GARCIA\_PALOMINO-Nelson\_William-pregrado-2025\_TURNITIN\_1.docx (1.81M)

**Total de palabras:** 16701

**Total de caracteres:** 91650

# Efecto del tiempo de germinación en el contenido de proteínas solubles y fenoles totales en dos variedades de *Amaranthus caudatus* L. "kiwicha" Ayacucho, 2024

## INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	5%
2	dokumen.site Fuente de Internet	1%
3	repositorio.inia.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	pgc-snia.inia.gob.pe:8080 Fuente de Internet	<1%
6	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
7	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
8	idoc.pub Fuente de Internet	<1%
9	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1%

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo