

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**Variación proteica de *Chenopodium quinoa* Willd.  
“quinua” cultivadas a diferentes pH en  
condiciones de vivero.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
BIÓLOGO, EN LA ESPECIALIDAD DE BIOTECNOLOGÍA**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. CUYA LÓPEZ, Kevin Michael**

**ASESORA:**

**Mg. Paula GARCÍA GODOS ALCÁZAR**

**AYACUCHO – PERÚ**

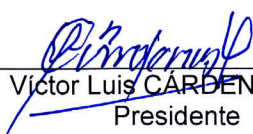
**2023**

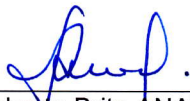
**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**  
**Bach. Kevin Michael CUYA LÓPEZ**  
**R.D. N° 270-2022-UNSCH-FCB-D**

En la ciudad de Ayacucho, siendo las cuatro y treinta de la tarde del veintitrés de diciembre del año dos mil veintidós, 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, presidido por el Dr. Víctor Luis CÁRDENAS LÓPEZ (Presidente), Dra. Roberta Brita ANAYA GONZÁLEZ (Miembro - Jurado), Mg. Paula GARCÍA GODOS ALCÁZAR (Miembro - Asesor), Mg. Edna LEÓN PALOMINO (Miembro - 4to Jurado); actuando como secretario docente el Mg. Percy COLOS GALINDO, para presenciar la sustentación de tesis titulada **“Variación proteica de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” cultivadas a diferentes pH en condiciones de vivero”**; presentado por el Bach. **Kevin Michael CUYA LÓPEZ**; 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 de ello dispuso el inicio al acto de sustentación, indicando al sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología. Culminada la exposición, el Presidente invitó a cada uno de los Miembros Jurado, a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas al sustentante. Culminado esta etapa, el presidente invitó al sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones; cuyos resultados son los que se consignan a continuación:

| MIEMBROS DEL JURADO EVALUADOR     | EXPOSICIÓN | RESPUESTA A PREGUNTAS | PROMEDIO  |
|-----------------------------------|------------|-----------------------|-----------|
| Dra. Roberta Brita ANAYA GONZÁLEZ | 16         | 14                    | 15        |
| Mg. Edna LEÓN PALOMINO            | 16         | 12.5                  | 14        |
|                                   |            | <b>Promedio final</b> | <b>15</b> |

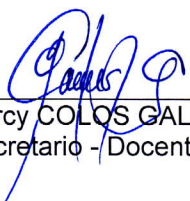
El sustentante alcanzó el promedio aprobatorio. Acto seguido, el presidente autorizó el ingreso del sustentante y el público al Auditorio dando a conocer los resultados, e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las seis de la tarde con treinta minutos; firmando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

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Víctor Luis CÁRDENAS LÓPEZ  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Roberta Brita ANAYA GONZÁLEZ  
Miembro - Jurado

  
\_\_\_\_\_  
Mg. Paula GARCÍA GODOS ALCÁZAR  
Miembro – Asesor

  
\_\_\_\_\_  
Mg. Edna LEÓN PALOMINO  
Miembro – 4to Jurado

  
\_\_\_\_\_  
Mg. Percy COLOS GALINDO  
Secretario - Docente



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

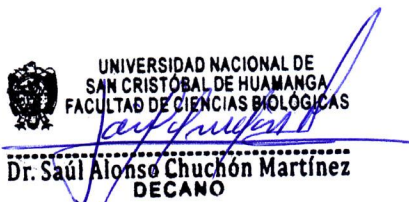
DECANATURA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS N° 02-  
2023-FCB-D

Yo, SAÚL ALONSO CHUCHÓN MARTÍNEZ, Decano de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **“Variación proteica de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” cultivadas a diferentes pH en condiciones de vivero”**, presentado por el Bach. KEVIN MICHAEL CUYA LÓPEZ; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 12%, 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-C.

En tal sentido, 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, 03 de febrero de 2023.

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
Dr. Saul Alonso Chuchón Martínez  
DECANO

# Variación proteica de Chenopodium quinoa Willd. “quinua” cultivadas a diferentes pH en condiciones de vivero

*por Kevin Michael Cuya López*

---

**Fecha de entrega:** 03-feb-2023 11:53a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2005608397

**Nombre del archivo:** -\_Kevin-Michael\_-\_pregrado\_Tesis\_-\_2022\_-\_TURNITIN\_-\_TESIS.docx (346.77K)

**Total de palabras:** 13240

**Total de caracteres:** 66908

# Variación proteica de *Chenopodium quinoa* Willd. "quinua" cultivadas a diferentes pH en condiciones de vivero

## INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

|   |                                                                                                     |     |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 | <a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a><br>Fuente de Internet                           | 3%  |
| 2 | <a href="https://repository.unad.edu.co">repository.unad.edu.co</a><br>Fuente de Internet           | 2%  |
| 3 | <a href="https://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a><br>Fuente de Internet | 1%  |
| 4 | <a href="https://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a><br>Fuente de Internet       | 1%  |
| 5 | <a href="https://purl.org">purl.org</a><br>Fuente de Internet                                       | 1%  |
| 6 | Submitted to Universidad Nacional de San<br>Cristóbal de Huamanga<br>Trabajo del estudiante         | 1%  |
| 7 | <a href="https://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a><br>Fuente de Internet                             | 1%  |
| 8 | <a href="https://www.scielo.org.bo">www.scielo.org.bo</a><br>Fuente de Internet                     | <1% |

|    |                                                                                                 |      |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 9  | <a href="https://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a><br>Fuente de Internet                 | <1 % |
| 10 | <a href="https://repositorio.unajma.edu.pe">repositorio.unajma.edu.pe</a><br>Fuente de Internet | <1 % |
| 11 | <a href="https://www.doccity.com">www.doccity.com</a><br>Fuente de Internet                     | <1 % |
| 12 | <a href="https://issuu.com">issuu.com</a><br>Fuente de Internet                                 | <1 % |
| 13 | <a href="https://apirepositorio.unh.edu.pe">apirepositorio.unh.edu.pe</a><br>Fuente de Internet | <1 % |
| 14 | <a href="https://bdigital.uncu.edu.ar">bdigital.uncu.edu.ar</a><br>Fuente de Internet           | <1 % |
| 15 | <a href="https://dspace.esPOCH.edu.ec">dspace.esPOCH.edu.ec</a><br>Fuente de Internet           | <1 % |
| 16 | <a href="https://www.yumpu.com">www.yumpu.com</a><br>Fuente de Internet                         | <1 % |

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Gracias a Dios, por permitirme concluir esta fase de mi vida.

Con mucho amor y cariño a mi mamá Roxana, por darme la vida, por ser mi soporte y guía durante toda mi vida.

Con mucha nostalgia para mi abuelita Teresa y mi tía Amelia, siempre estarán en mi corazón.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por acogerme en sus aulas y materializar mi formación como profesional.

A la Facultad de Ciencias Biológicas, por ser mi segundo hogar y brindarme muchas alegrías en mi vida estudiantil y ayudarme a lograr materializar mis estudios en la carrera profesional de Biología.

A la especialidad de Biotecnología de la Escuela Profesional de Biología, por todo el apoyo que me brindaron los docentes y compañeros de clases.

A mi asesora, Mg. Paula García Godos Alcázar por su apoyo incondicional, paciencia, orientación y sabios consejos, que han permitido culminar con la presente tesis de pregrado.

Al Ing. Abraham Villantoy Palomino, por la dirección, asesoría, disposición, apoyo y la confianza depositada, que me permitieron culminar con satisfacción la ejecución del presente trabajo de tesis.

A la Ing. Katia Mendoza Dávalos, por brindarme su apoyo en el análisis de suelo donde se logró cultivar la quinua en estudio.

Al Blgo. Reynan Cóndor Alarcón, por guiarme en el proceso de aplicación experimental, por su colaboración en el asesoramiento estadístico y por sus sabios consejos en el desarrollo de la tesis.

A mi madre que me motivó y apoyó en mi formación profesional y en la realización de la presente investigación.

A todas las personas que, fuera de sus obligaciones me apoyaron en la ejecución de la investigación con mucho empeño y cooperación.



## ÍNDICE GENERAL

|                                                  | Pág. |
|--------------------------------------------------|------|
| DEDICATORIA                                      | iii  |
| AGRADECIMIENTOS                                  | v    |
| ÍNDICE GENERAL                                   | vii  |
| ÍNDICE DE TABLAS                                 | ix   |
| ÍNDICE DE FIGURAS                                | xi   |
| ÍNDICE DE ANEXOS                                 | xiii |
| RESUMEN                                          | xvii |
| I. INTRODUCCIÓN                                  | 1    |
| II. MARCO TEÓRICO                                | 5    |
| 2.1. Antecedentes                                | 5    |
| 2.2. Quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> Willd)   | 7    |
| 2.3. Distribución geográfica                     | 8    |
| 2.4. Clasificación taxonómica                    | 8    |
| 2.5. Morfología de la quinua                     | 9    |
| 2.6. Fenología de la quinua                      | 12   |
| 2.7. Requerimiento del cultivo                   | 15   |
| 2.8. Saponina en quinua                          | 17   |
| 2.9. Importancia                                 | 18   |
| 2.10. pH                                         | 19   |
| 2.11. Proteínas                                  | 21   |
| 2.12. Método Micro Kjeldahl                      | 22   |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS                        | 25   |
| 3.1. Lugar de ejecución                          | 25   |
| 3.1.1. Ubicación política                        | 25   |
| 3.1.2. Ubicación geográfica                      | 25   |
| 3.2. Tiempo de ejecución                         | 25   |
| 3.3. Población y muestra                         | 25   |
| 3.3.1. Población                                 | 25   |
| 3.3.2. Muestra                                   | 26   |
| 3.4. Metodología y recolección de datos          | 26   |
| 3.4.1. Recolección de datos                      | 26   |
| 3.4.2. Extracción y análisis de tierra           | 26   |
| 3.4.3. Protocolo de abonamiento de tierra        | 26   |
| 3.4.4. Protocolo de determinación del pH inicial | 27   |

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| 3.4.5. Protocolo de la modificación del pH               | 27 |
| 3.4.6. Cultivo de quinua                                 | 28 |
| 3.4.7. Determinación de proteína (Método Micro Kjeldahl) | 29 |
| 3.5. Análisis estadístico                                | 30 |
| IV. RESULTADOS                                           | 31 |
| V. DISCUSIÓN                                             | 43 |
| VI. CONCLUSIONES                                         | 53 |
| VII. RECOMENDACIONES                                     | 55 |
| VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS                         | 57 |
| ANEXOS                                                   | 63 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                                       | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabla 1. Requerimientos de humedad y temperaturas de los tipos de quinua según las zonas agroecológicas.                                                                                              | 8    |
| Tabla 2. Estadios fenológicos de la quinua.                                                                                                                                                           | 13   |
| Tabla 3. Composición de aminoácidos en quinua, kañiwa, kiwicha, arroz, trigo y tarwi.                                                                                                                 | 19   |
| Tabla 4. Descripción del efecto esperado de los suelos, expuestos a diferentes rangos de pH.                                                                                                          | 21   |
| Tabla 5. Análisis del sustrato extraído del distrito de Chiara, realizado en la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA en el mes de febrero del 2020.                                            | 26   |
| Tabla 6. Promedio del pH de tierra extraída del distrito de Chiara, analizadas en el laboratorio de suelos de la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA – Ayacucho, en el mes de junio del 2020. | 27   |
| Tabla 7. Análisis de la variación del pH de los 12 sectores de tierra elegidos al azar, a partir de la tierra extraída del distrito de Chiara, en el mes de junio del 2020.                           | 28   |
| Tabla 8. Tratamientos de las cuatro variedades de quinua cultivadas a diferentes pH en la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA – Ayacucho, en los meses de julio del 2020 a enero del 2021.    | 29   |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 1. Hábitos de crecimiento de la quinua: a) Simple, b) Ramificado hasta el tercio inferior, c) Ramificado hasta el segundo tercio y d) Ramificado con panoja principal no diferenciada.                                                                                                                                 | 10   |
| Figura 2. Concentración proteica de las semillas de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua” (media $\pm$ SD) en relación al pH cultivado. Ayacucho, noviembre 2021.                                                                                                                                | 33   |
| Figura 3. Comparación de medias de la concentración proteica de las semillas de las cuatro variedades de quinua (media $\pm$ SD) <i>Chenopodium quinoa</i> Willd (A: Negra Collana, B: Salcedo INIA, C: Compuesto Chontaca y D: Pasankalla analizadas respectivamente) en relación al pH cultivado. Ayacucho, noviembre 2021. | 34   |
| Figura 4. Altura de la planta de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua” (media $\pm$ SD) en relación al pH cultivado, a los 91 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021.                                                                                                                  | 35   |
| Figura 5. Porcentaje de germinación de las semillas de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua” en relación al pH cultivado, a los 7 días de la siembra. Ayacucho, noviembre 2021.                                                                                                                  | 36   |
| Figura 6. Altura de panoja de la planta de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua” (media $\pm$ SD) en relación al pH cultivado, a los 124 días de la siembra. Ayacucho, noviembre 2021.                                                                                                           | 37   |
| Figura 7. Ancho de panoja de la planta de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua” (media $\pm$ SD) en relación al pH cultivado, a los 124 días de la siembra. Ayacucho, noviembre 2021.                                                                                                            | 38   |
| Figura 8. Diámetro del tallo de la planta de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua” (media $\pm$ SD) en relación al pH cultivado, a los 124 días de la siembra. Ayacucho, noviembre 2021.                                                                                                         | 39   |
| Figura 9. Número de hojas de la planta de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua” (media $\pm$ SD) en relación al pH cultivado, a los 54 días de la siembra. Ayacucho, noviembre 2021.                                                                                                             | 40   |

- Figura 10. Peso de 1000 granos de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” (media  $\pm$  SD) en relación al pH cultivado, a los 131 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021. 41
- Figura 11. Peso de semillas sin cáscara de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” (media  $\pm$  SD) en relación al pH cultivado, a los 131 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021. 42

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                                                                                                                                                                                                                      | Pág. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Anexo 1. Peso de las semillas de quinua con cáscara de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua” (media $\pm$ SD) en relación al pH cultivado, a los 131 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021.                  | 65   |
| Anexo 2. Análisis de varianza de la concentración de proteínas totales de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua”, en relación al pH cultivado. Ayacucho – 2021.                                                          | 66   |
| Anexo 3. Análisis de varianza del tamaño de la planta de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua”, en relación al pH cultivado. Ayacucho – 2021.                                                                           | 67   |
| Anexo 4. Análisis de varianza de la germinación de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua”, en relación al pH cultivado. Ayacucho – 2021.                                                                                 | 68   |
| Anexo 5. Análisis de varianza de la altura de panoja de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua”, en relación al pH cultivado. Ayacucho – 2021.                                                                            | 69   |
| Anexo 6. Análisis de varianza del ancho de panoja de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua”, en relación al pH cultivado. Ayacucho – 2021.                                                                               | 70   |
| Anexo 7. Análisis de varianza del diámetro del tallo de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua”, en relación al pH cultivado. Ayacucho – 2021.                                                                            | 71   |
| Anexo 8. Análisis de varianza del número de hojas de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua”, en relación al pH cultivado. Ayacucho – 2021.                                                                               | 72   |
| Anexo 9. Análisis de varianza del peso de 1000 granos de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua”, en relación al pH cultivado. Ayacucho – 2021.                                                                           | 73   |
| Anexo 10. Análisis de varianza del peso de las semillas sin cáscara de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua”, en relación al pH cultivado. Ayacucho – 2021.                                                             | 74   |
| Anexo 11. Comparación de medias de la concentración de proteínas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua”, variedad Negra Collana en relación al pH cultivado, utilizando el método de Tukey con un nivel de confianza del 95%. Ayacucho – 2021. | 75   |

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo 12. | Comparación de medias de la concentración de proteínas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua”, variedad Salcedo INIA en relación al pH cultivado, utilizando el método de Tukey con un nivel de confianza del 95%. Ayacucho – 2021.                                                                                         | 75 |
| Anexo 13. | Comparación de medias de la concentración de proteínas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua”, variedad Compuesto Chontaca en relación al pH cultivado, utilizando el método de Tukey con un nivel de confianza del 95%. Ayacucho – 2021.                                                                                   | 75 |
| Anexo 14. | Comparación de medias de la concentración de proteínas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua”, variedad Pasankalla en relación al pH cultivado, utilizando el método de Tukey con un nivel de confianza del 95%. Ayacucho – 2021.                                                                                           | 75 |
| Anexo 15. | Comparación de medias del tamaño de las plantas de las cuatro variedades de quinua (media $\pm$ SD) <i>Chenopodium quinoa</i> Willd (A: Negra Collana, B: Salcedo INIA, C: Compuesto Chontaca y D: Pasankalla analizadas respectivamente) en relación al pH cultivado, a los 91 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021. | 76 |
| Anexo 16. | Comparación de medias de la germinación de las cuatro variedades de quinua (media $\pm$ SD) <i>Chenopodium quinoa</i> Willd (A: Negra Collana, B: Salcedo INIA, C: Compuesto Chontaca y D: Pasankalla analizadas respectivamente) en relación al pH cultivado, a los 7 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021.          | 77 |
| Anexo 17. | Comparación de medias de la altura de panoja de las cuatro variedades de quinua (media $\pm$ SD) <i>Chenopodium quinoa</i> Willd (A: Negra Collana, B: Salcedo INIA, C: Compuesto Chontaca y D: Pasankalla analizadas respectivamente) en relación al pH cultivado, a los 124 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021.   | 78 |
| Anexo 18. | Comparación de medias del ancho de panoja de las cuatro variedades de quinua (media $\pm$ SD) <i>Chenopodium quinoa</i> Willd (A: Negra Collana, B: Salcedo INIA, C: Compuesto Chontaca y D: Pasankalla analizadas respectivamente) en relación al pH cultivado, a los 124 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021.      | 79 |

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo 19. | Comparación de medias del diámetro del tallo de la planta de las cuatro variedades de quinua (media $\pm$ SD) <i>Chenopodium quinoa</i> Willd (A: Negra Collana, B: Salcedo INIA, C: Compuesto Chontaca y D: Pasankalla analizadas respectivamente) en relación al pH cultivado, a los 124 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021.            | 80 |
| Anexo 20. | Comparación de medias del número de hojas de las cuatro variedades de quinua (media $\pm$ SD) <i>Chenopodium quinoa</i> Willd (A: Negra Collana, B: Salcedo INIA, C: Compuesto Chontaca y D: Pasankalla analizadas respectivamente) en relación al pH cultivado, a los 54 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021.                             | 81 |
| Anexo 21. | Comparación de medias del peso de 1000 granos de las cuatro variedades de quinua (media $\pm$ SD) <i>Chenopodium quinoa</i> Willd (A: Negra Collana, B: Salcedo INIA, C: Compuesto Chontaca y D: Pasankalla analizadas respectivamente) en relación al pH cultivado, a los 131 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021.                        | 82 |
| Anexo 22. | Comparación de medias del peso de las semillas de quinua sin cáscara de las cuatro variedades de quinua (media $\pm$ SD) <i>Chenopodium quinoa</i> Willd (A: Negra Collana, B: Salcedo INIA, C: Compuesto Chontaca y D: Pasankalla analizadas respectivamente) en relación al pH cultivado, a los 131 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021. | 83 |
| Anexo 23. | Protocolo de determinación del pH inicial de los 12 sectores de tierra elegidos al azar, en el laboratorio de suelos de la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA – Ayacucho, en el mes de junio del 2020.                                                                                                                                         | 84 |
| Anexo 24. | Dosis de abonamiento (NPK) requeridos para una hectárea de sustrato.                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 84 |
| Anexo 25. | Cantidad de NPK presentes en los compuestos (Urea, Fosfato diamónico y cloruro de potasio) para el abonamiento de una hectárea de sustrato.                                                                                                                                                                                                             | 84 |
| Anexo 26. | Cálculo del nivel de abonamiento para una hectárea de sustrato en la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA – Ayacucho, noviembre del 2021.                                                                                                                                                                                                        | 85 |



|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo 27. | Cálculo del nivel de abonamiento para 19 kilos de sustrato en la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA – Ayacucho, en el mes de noviembre del 2021.                                                                                                                           | 85 |
| Anexo 28. | Estado fenológico de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua” en relación al pH cultivado. Ayacucho, noviembre del 2020.                                                                                                                                  | 86 |
| Anexo 29. | Análisis proteico de las cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua” realizado por terceros.                                                                                                                                                                     | 87 |
| Anexo 30. | Preparación, tamizado y abonamiento de la tierra realizado en la Estación Experimental Agraria Canaán-INIA-Ayacucho. (A: Homogenización de la tierra, B: Preparación de baldes para la siembra, C: Urea, Fosfato diamónico, Cloruro de potasio y D: Siembra de semillas de quinua). | 88 |
| Anexo 31. | Cálculo del pH de la tierra realizado en el laboratorio de suelos de la Estación Experimental Agraria Canaán-INIA-Ayacucho. (A: Peso de la tierra, B: Mezcla de tierra con agitador magnético, C: Formación de capa transparente y D: Medición del pH de tierra).                   | 89 |
| Anexo 32. | Etapas finales de las cuatro variedades de quinua cultivadas en la Estación Experimental Agraria Canaán-INIA-Ayacucho.                                                                                                                                                              | 90 |
| Anexo 33. | Matriz de consistencia.                                                                                                                                                                                                                                                             | 91 |

## RESUMEN

Los niveles de pH presente en el suelo tienen gran importancia en los cultivos ya que controla las actividades químicas y biológicas en la planta y además expresa la actividad del ion hidrógeno en el suelo. Como tal, en la investigación se planteó como objetivo evaluar la variación proteica de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” variedad Negra Collana, Salcedo INIA, Compuesto Chontaca y Pasankalla, que fueron cultivadas en suelos con pH de 5,7; 6,5; 7,0 y 7,5, estableciéndose protocolos de análisis de pH y trabajándose en ambientes controlados en condiciones de vivero; determinando los pH del suelo, germinación, procesos fenológicos y análisis de proteína. Las semillas fueron proporcionadas por el Banco de Germoplasma de la Estación Experimental Agraria Canaán-INIA-Ayacucho. Se extrajeron al azar cinco plántulas germinadas de un cultivo de quinua y se evaluó el contenido de proteína, tamaño, germinación, altura y ancho de panoja, diámetro del tallo de la planta, número de hojas, peso de 1000 granos y peso de semillas sin cáscara. En la determinación de proteínas se utilizó el método Micro Kjeldahl. Posteriormente todas las variables fueron sometidas a análisis de varianza y a una prueba de Tukey (5%). Obteniendo la mayor concentración de proteínas en la variedad Pasankalla (pH 7,0) con un 13,97% y la variedad Compuesto Chontaca (pH 7,0) con 13,87%; mientras que los valores mínimos obtenidos fueron de la variedad Negra Collana (pH 5,7) con 10,37% y la variedad Salcedo INIA (pH 5,7) con 11,11%, cabe resaltar que no hubo diferencia significativa entre las variedades Salcedo INIA, Compuesto Chontaca y Pasankalla, sin embargo en Negra Collana a un pH de 5,7 el contenido de proteínas fue significativamente menor. Concluyendo que el pH si tuvo influencia en la cantidad de proteína de la variedad Negra Collana, ello le da mayores probabilidades de obtener una quinua con mayor porcentaje de proteína con una mayor calidad nutricional.

**Palabras clave:** *Chenopodium quinoa* Willd, Variación proteica, pH, variedades.

## I. INTRODUCCIÓN

La intensa búsqueda de encontrar diversas fuentes nutritivas en los alimentos, ha motivado a investigar plantas nativas que se encuentran en el territorio peruano, las cuales habían sido olvidadas por muchos años y una de las más importantes es *Chenopodium quinoa* Willd “quinua” (Peralta, 1985).

La quinua es una planta con alto valor nutritivo y pertenece a la familia *Chenopodiaceae* siendo de vital importancia en la dieta de los pobladores altoandinos desde hace mucho tiempo ya que posee importantes características nutritivas, entre ellos se encuentran los ácidos grasos insaturados (linoleicos y oleicos) y la mayoría de los aminoácidos (Peiretti et al., 2013), obteniendo gran importancia dentro de la dieta diaria.

La producción de nitrógeno en el grano es base importante en la formación de enzimas y proteínas, dicha producción varía de acuerdo a la variedad de la quinua y también por el nivel de abonamiento que se le da al momento de la siembra (Schulte auf'm et al., 2005).

Por su elevado potencial agrícola y nutricional, la popularidad y el interés por la quinua, se ha incrementado en los últimos años (Delgado et al., 2009), en la actualidad los granos de quinua son catalogados como un alimento estrella en la mayoría de los países del mundo, por sus propiedades medicinales y nutritivas, ya que poseen una gran diversidad de genotipos y es un pseudocereal que posee un gran número de aminoácidos esenciales, siendo además el único pseudocereal de proteína vegetal que puede reemplazar a la proteína animal (Ayala, 2013).

Así mismo, la quinua ha adquirido una mayor importancia ya que es considerada por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y la OMS (Organización Mundial de la Salud) como un alimento del futuro, ya que posee gran capacidad de adaptación en diferentes ecosistemas y

por tener en su estructura gran cantidad de aminoácidos esenciales (Campos, 2018).

En el Perú, los departamentos en los que se produce gran cantidad de quinua son; Puno, Ayacucho, Cusco, Junín, Apurímac, Arequipa y Huancavelica. Siendo la quinua un grano que posee proteínas de muy buena calidad, por la presencia de aminoácidos como la lisina y azufrados. Dicha proteína cubre la cantidad de aminoácidos requeridos para una persona adulta (Muñoz, 2013).

A partir del año 1980, el cultivo de quinua empezó a expandirse notablemente, se abrieron oportunidades de exportación y la demanda se ha incrementado específicamente en las variedades blanca, roja y negra. Los cambios de clima han generado plantas precoces, por lo que se necesita ajustar el periodo de siembra al retraso de las lluvias, produciendo buena cosecha para una mejor productividad (Rojas et al., 2016).

La quinua se encuentra adaptada a diferentes niveles de pH del suelo ya que se tiene registros que en suelos con una alcalinidad de hasta 9 de pH la planta obtuvo una gran altura y buena producción de granos, especialmente en los salares de Bolivia y Perú, pero también se ha observado que puede tener buena producción en suelos ácidos desde 4,5 de pH.

Diversos estudios demuestran que los suelos con un pH cercano a 7,0 son propicios para el cultivo de quinua, sin embargo, en suelos con alta alcalinidad y acidez se cultivan variedades específicas que toleran dichos ambientes, es por ello que en muchas investigaciones se ha clasificado a los genotipos que crecen satisfactoriamente en cada suelo con pH extremo. La quinua posee dicha propiedad ya que ha desarrollado gran variabilidad genética con el pasar del tiempo (Lescano, 1990).

En consecuencia, la demanda de quinua se ha incrementado gracias al interés de empresas extranjeras. Por ello, en la última década se inició a exportar productos derivados del grano de quinua, entre los años 2005 y 2014 la quinua industrializada incrementó sus ventas del 1 al 11%, teniendo un ingreso de 10 a 12 millones de dólares (Rojas et al., 2016).

Este reconocimiento ha incrementado la demanda nacional e internacional de la quinua, incentivando a la expansión de la superficie cultivada en los países productores que se encuentran principalmente en Sudamérica y también incentivando a los investigadores a mejorar los procesos de producción, elevando la calidad de proteína y la productividad del grano de quinua. Por ello,

durante el transcurrir de los años se realizaron diversas investigaciones para obtener un alto contenido proteico de la quinua, múltiples factores se tomaron en cuenta, como el nivel de abonamiento, la salinidad del suelo y el nivel de pH del suelo.

Los objetivos planteados en la investigación fueron:

**Objetivo general**

Evaluar la variación proteica de cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua” cultivadas a diferentes niveles de pH.

**Objetivos específicos**

1. Determinar la concentración proteica de los granos de quinua *Chenopodium quinoa* Willd, variedades Negra Collana, Salcedo INIA, Compuesto Chontaca y Pasankalla.
2. Determinar el pH óptimo para obtener mayores concentraciones de proteína del grano de quinua *Chenopodium quinoa* Willd, variedades Negra Collana, Salcedo INIA, Compuesto Chontaca y Pasankalla.

## **II. MARCO TEÓRICO**

En los últimos años, son muy escasos los reportes de investigación sobre la importancia del pH presente en el suelo del cultivo, quien tiene gran influencia en la formación de proteína de quinua; sin embargo, existen evidencias de investigaciones que se enfocan en otros componentes del sustrato para obtener un mejor contenido proteínico de la quinua.

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

En China, Cai & Gao (2020), evaluaron los mecanismos fisiológicos y bioquímicos comparativos de la tolerancia a la sal en cinco cultivares de quinua de altura, encontrando variaciones en cuanto al tamaño y la tolerancia a la salinidad de la planta de los cinco cultivares evaluados. Los cultivares se sembraron bajo cinco concentraciones de salinidad (0, 100, 200, 300 y 400 mM de NaCl). Diferentes características tuvieron relación con el estrés salino expuesto a la planta, dando como resultado una disminución en el tamaño de las plantas, la formación del área foliar y la longitud de la raíz de cada cultivar. Como respuesta a dicho estrés, los cultivares reaccionaron activando mecanismos de osmoregulación, reteniendo el  $K^+$  y excluyendo el  $Na^+$  (homeostasis iónica), confiriendo gran tolerancia.

En Chile, Covarrubias et al., (2020), evaluaron el contenido de humedad, proteínas y minerales en diez variedades de quinoa chilena cultivadas en las zonas de Vallenar, Los Tilos, Hidango y Santa Rosa, utilizando metodologías analíticas validadas, donde encontraron un promedio de 16,6 g/100g del contenido de proteínas con valores de un mínimo y máximo de 14,4 – 17,5 g/100g respectivamente. Las medias obtenidas de las quinuas cultivadas en Vallenar, Hidango y Los Tilos fueron significativamente más altas, obteniendo  $17,5 \pm 0,7$ ,  $17,5 \pm 0,5$  y  $16,8 \pm 0,6$  g/100g, respectivamente; sin embargo, en la zona de Santa Rosa se obtuvo  $14,5 \pm 0,6$  g/100g.

Por otro lado, en Ecuador, Coronel (2018), en su investigación titulada, “Determinación del contenido de saponina y proteína en genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) producidos en la finca experimental La María” utilizando el método espumoso bajo norma INEN 1672 para el análisis de saponinas y el método Kjeldahl para determinar el contenido proteico, obtuvieron un contenido proteico entre 12,23 y 19,82%, encontrando los resultados dentro de los rangos establecidos en el Codex Alimentarius.

En Bolivia, Caballero et al., (2015), evaluaron el rendimiento y contenido de proteína de quinua, en sus cinco fases fenológicas, cultivadas en cuatro niveles de incorporación de estiércol. La investigación comenzó con la extracción de plantas en las fases de cuatro hojas verdaderas, ramificación, panojamiento y formación de grano pastoso, dichas muestras fueron sometidas a 65°C por 48 horas y después del secado se procedió a analizar el contenido de nitrógeno por el método Kjeldahl. Como resultado se obtuvo un mayor porcentaje de proteínas cuando la planta se encontraba en las cuatro hojas verdaderas en comparación a la ramificación y al panojamiento; sin embargo, es superada por la fase de formación de grano pastoso, encontrando la existencia de una translocación de nitrógeno durante el crecimiento de la planta, de la misma forma la aplicación de estiércol influyó en el contenido de proteínas de las muestras analizadas.

En Argentina, Cervilla et al., (2014), compararon las pérdidas nutricionales contenidas en las semillas de *Chenopodium quinoa* Willd sometidas a cocción por agua hirviendo y vapor (a presión atmosférica y en marmita), obteniendo pérdidas nutricionales bajas en las semillas cocidas a vapor, sin embargo la cocción en marmita produjo un resultado superior ya que logró gelatinizar el almidón de la semilla y proporcionó una mayor digestibilidad. El porcentaje de pérdida en la cocción al vapor y presión fue de 0,26%, 0,06% y 0,20% en los años 2009, 2010 y 2011 respectivamente, obteniendo así un total de 13,56%, 14,70% y 16,35% de contenido proteico post cocción.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

En Puno, Zea (2011), en la investigación “Determinación biológica de la calidad proteica en harina de quinua extruida de la variedad Negra Collana”, evaluó la cantidad proteica de la quinua, encontrando una diferencia significativa entre la harina extruida con la harina sin extruir gracias al cambio de temperatura que sufrió la semilla de quinua, obteniendo un 14,02% de proteína en la harina extruida y un 14,94% en la harina sin extruir.

En Lima, Ponce de León & Valdez-Arana (2021), desarrollaron un estudio con el objetivo de evaluar la composición nutricional y funcional con 17 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) provenientes de Cuzco y de Huancayo, obteniendo de las accesiones de Huancayo un promedio proteico de  $17,27\% \pm 0,02$  y de las accesiones de Cuzco un promedio proteico de  $16,46\% \pm 0,04$ , encontrando que en los resultados de los genotipos no tienen diferencia significativa.

En tanto, en Puno y Huancayo, Calzada (1951), encontró excelentes niveles de nitrógeno gracias al previo abonamiento realizado en la siembra, donde utilizó niveles de 80 a 120 kg/ha de nitrógeno, de 60 a 80 kg/ha de fósforo y si el suelo lo requiere hasta 80 kg/ha de potasio, además se ha demostrado que por cada kilogramo de nitrógeno presente en una hectárea, la producción se eleva 16 kg/ha, recomendando una aplicación fraccionada, aplicando la mitad en la siembra y la otra mitad durante el aporque. También manifestó que el crecimiento y producción de la quinua puede ocurrir en diferentes medidas de pH de suelo, ya que se tiene reportes donde existen cultivos de quinua tolerantes a 9,0 de pH en Bolivia y Perú, y también existen reportes que toleran los 4,5 de pH en Cajamarca, Perú.

## **2.2. Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd)**

La quinua, científicamente conocida como *Chenopodium quinoa* Willd., es un grano alimenticio que es cultivado en toda la región del altiplano, alcanzando una cobertura desde Colombia hasta el norte de Argentina. Existen variedades que toleran alturas muy elevadas como también las que son cultivadas a nivel del mar.

Se originó en el lago Titicaca entre Perú y Bolivia y desde su origen fue distribuida desde Colombia hasta Chile (Bukasov, 1981).

Este grano fue domesticado desde la antigüedad por las antiguas culturas y es utilizado como alimento desde hace aproximadamente 3000 años. Evidencia de ello, son los hallazgos en el área de Ayacucho – Perú donde se estima que fue utilizada desde hace 5000 años y se presume los inicios de la domesticación de esta planta (Ku, 2019).

Sus características nutricionales cumplen un papel fundamental en la alimentación del poblador altoandino ya que posee proteínas de alto valor biológico, gracias a su alto contenido de lisina, pero también su balance de aminoácidos esenciales es comparable con la proteína animal.



La quinua es utilizada en la alimentación humana y en la alimentación animal, utilizándose las hojas y tallos tiernos, las panojas tiernas y el grano maduro (Galwey, 1992).

### 2.3. Distribución geográfica

La quinua es una planta considerada como una especie oligocéntrica, es decir, posee un centro de origen con amplia distribución genotípica, resultando el Lago Titicaca la zona con mayor diversidad y variación genética (Mujica, 1992). Encontrándose principalmente distribuida desde Colombia hasta el norte de Argentina y Chile (Lescano, 1994).

La distribución altitudinal de la quinua se da desde los 4000 msnm hasta el nivel del mar, obteniendo una amplia variedad de quinuas en regiones como: costa, valles, valles interandinos, puna y altiplano (Rojas, 1998).

En tanto a los pisos altitudinales, la quinua fue domesticada desde la Costa (0 a 500 msnm), Yunga (500 a 2500 msnm), región Quechua o Valles interandinos (2500 a 3500 msnm) y hasta la región Suni o Altiplano (3500 a 4000 msnm), obteniendo gracias a ello diversos ecotipos que ayudaron a obtener una mayor productividad y adaptación (Gómez & Aguilar, 2016).

**Tabla 1.** Requerimientos de humedad y temperaturas de los tipos de quinua según las zonas agroecológicas.

| Grupo agroecológico | Precipitación (mm) | Temperatura mínima (°C) |
|---------------------|--------------------|-------------------------|
| De valles           | 700 – 1500         | 3                       |
| De altiplano        | 400 – 800          | 0                       |
| De los salares      | 250 – 400          | -1                      |
| De nivel del mar    | 800 – 1500         | 5                       |
| De las Yungas       | 000 – 2000         | 11                      |

Fuente: Adaptación de "Eco desarrollo en los Andes" (Rojas, 2021). Fundación Friedrich Ebert.

### 2.4. Clasificación taxonómica

Respecto a su clasificación taxonómica, la quinua es una especie clasificada por Cronquist, A., (1981). An Integrated System of Classification of Flowering Plants, de la siguiente manera:

**Reino** : Plantae  
**División** : Magnoliophyta  
**Clase** : Magnoliopsida  
**Orden** : Caryophyllales  
**Familia** : Chenopodiaceae  
**Género** : Chenopodium

|                        |                                                              |
|------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>Sección</b>         | : Chenopodia                                                 |
| <b>Especie</b>         | : <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.                           |
| <b>Nombre común</b>    | : Quinoa, quinoa                                             |
| <b>Nombres comunes</b> |                                                              |
| Español                | : “quinua”, “quinoa”, “quinqua”, “kinoa”, “trigo inca”       |
| Quechua                | : “kiuna”                                                    |
| Aymara                 | : “shupa”, “jopa”, “jupha”, “jiura”, “aara”, “ccallapi”      |
| Chibcha                | : “suba”, “pasca”                                            |
| Mapuche                | : “quinhua”, “quinua”                                        |
| Azteca                 | : “huatzontle”                                               |
| Francés                | : “quinoa”, “riz de peruo”, “ansérine”, “petit riz de Pérou” |
| Inglés                 | : “petty rice”, “inca rice”, “peruvian rice”                 |
| Alemán                 | : “reismelde”, “inkaweizen”, “perunischer”, “reis-gerwacks”  |
| Italiano               | : “quinua”, “chinua”                                         |
| Portugués              | : “arroz miudo do Perú”, “quinoa”                            |

## 2.5. Morfología de la quinua

### • Planta

La quinua es una planta anual. Posee una amplia distribución geográfica a consecuencia de sus características peculiares que tiene en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se cultiva (Campos, 2018).

Su altura varía entre los 0,3 a 3 m, dependiendo de la variedad, el genotipo, las condiciones ambientales donde crece y la fertilidad de los suelos. Las plantas que son cultivadas a menor altitud (valle) poseen una mayor altura en comparación de las que son cultivadas a más de 4000 msnm gracias al efecto de la temperatura (Gallardo et al., 1997).

### • Raíz

La planta tiene una raíz pivotante, vigorosa, profunda, muy ramificada y fibrosa, es por ello que la quinua puede resistir a la sequía y brinda a la planta una buena estabilidad y fijación al suelo. En el proceso de germinación, la radícula es lo primero que empieza a crecer dando lugar posteriormente a la raíz, alcanzando una longitud de 1,80 cm de profundidad. Naturalmente existen vuelcos de la planta por efecto del viento, gracias al exceso de riego y especialmente por el rápido crecimiento de la planta (Gallardo et al., 1997).

Por lo general, el sistema radicular tiene la capacidad de soportar el peso de la planta en todo el proceso de crecimiento y maduración (Bernardo, 2019).

- **Tallo**

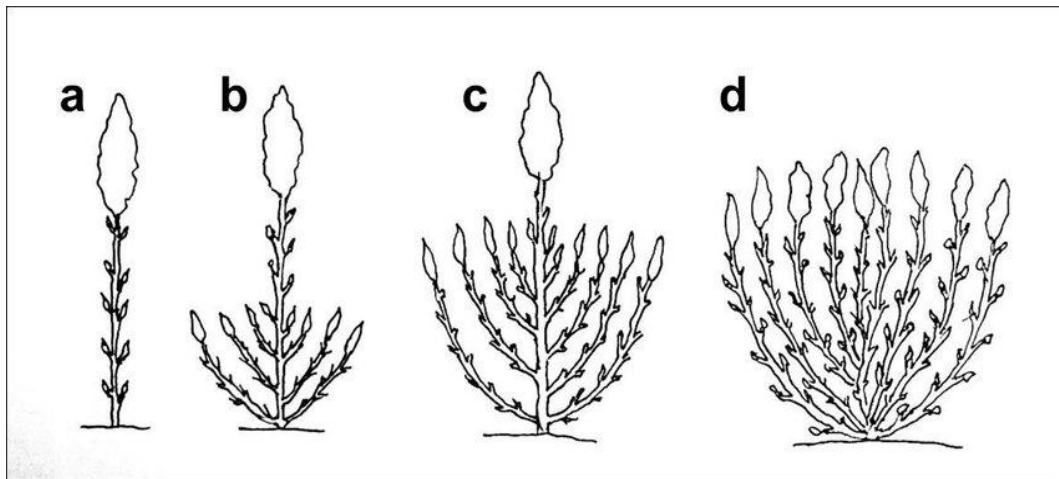
Su tallo es de forma cilíndrica empezando de la unión con el cuello de la raíz, pero a medida que va alejándose de la raíz, esta se vuelve de forma angulosa. Sin embargo, los tallos son frágiles y suaves cuando son jóvenes, en cambio al llegar a la madurez es esponjosa y seca, por lo que en la cosecha se puede visualizar un tallo hueco al cortar la planta (Gómez & Aguilar, 2016).

El tallo posee un color verde siendo característico cuando la planta se encuentra en la época de floración. Según la variedad puede tener un color verde amarillento, naranja, rosado, rojo y púrpura (Gómez & Aguilar, 2016). La formación de color rojiza se da gracias a las betacianinas presentes en la planta (Ciencias, 2000).

El tallo por su riqueza y gran contenido de pectina y celulosa puede ser utilizado para la elaboración de cartón y papeles (Mujica et al., 1999).

De acuerdo a Mujica et al., (1999) y Gómez & Aguilar (2016) la quinua posee hábitos de ramificación del tallo, donde podemos encontrar dos tipos:

1. **Hábito sencillo:** El crecimiento muestra un solo tallo con una inflorescencia terminal definida.
2. **Hábito ramificado con las variantes:** Las ramas laterales de la planta pueden diferenciarse al tener un tamaño similar en comparación al tallo principal y al tener panojas en sus terminaciones.



**Figura 1.** Hábitos de crecimiento de la quinua: a) Simple, b) Ramificado hasta el tercio inferior, c) Ramificado hasta el segundo tercio y d) Ramificado con panoja principal no diferenciada (Cárdenas, 2017).

- **Hojas**

Posee hojas diferentes en cada región de la planta en forma de peciolo y de lámina (Gómez & Aguilar, 2016). La hoja laminar tiene una forma romboide o

triangular mientras que las superiores son de forma lanceoladas o triangulares (Campos, 2018). Siendo las hojas jóvenes de color verde y cuando la planta llega a su madurez las hojas se tornan color amarillo, rojas, púrpuras gracias a la presencia de betalaínas, ya que los colores rojo y violeta son generados por el tipo betacianinas y el color amarillo por el tipo betaxantinas (Cárdenas, 2017).

Están cubiertas por cristales de oxalacetato de calcio de colores rojo, púrpura o cristalino, siendo bastantes higroscópicas (captan humedad atmosférica nocturna) y son capaces de controlar la excesiva transpiración por humedecimiento de las células, también reflejan los rayos luminosos disminuyendo la radiación directa sobre las hojas, evitando el sobre calentamiento.

Muchas hojas extraídas antes de la floración son utilizadas como alimento en las zonas del altiplano ya que poseen componentes altamente nutritivos ricos en vitaminas, minerales y una alta calidad de proteínas, encontrando 3,3% de proteína en promedio, siendo la más alta la variedad blanca (4,17%) y una mínima en la variedad Sajama (2,79%) (Cornejo, 1976).

- **Inflorescencia**

La inflorescencia de la quinua es muy visible y está constituido por el eje principal, seguido de diversos ejes secundarios y terciarios conteniendo a los glomérulos.

Obteniendo la capacidad de ser laxa (amarantiforme) o compacta (glomerulada), sin embargo puede llegar a tener una forma combinada (Rea, 1969).

Dependiendo del genotipo de quinua que es sembrado, la longitud de la inflorescencia varía, también depende del lugar donde es cultivado y las condiciones de abonamiento que posee el suelo, llegando a tener un tamaño entre 30 a 80 cm de longitud por 5 a 30 cm de diámetro. La cantidad de glomérulos por panoja varía entre 80 a 120, el tamaño de los glomérulos varía, sin embargo, en las especies silvestres tienen una longitud de 5 mm, mientras que de las plantas que son cultivadas en suelos agrícolas su tamaño varía entre 8 a 20 mm. Por otro lado, las semillas en cada panoja de la planta son de 100 a 3000 unidades de semillas, encontrando variedades de quinua que producen semillas con un peso máximo de 500g (Flores, 2017).

- **Flores**

Presenta flores pequeñas, incompletas, sésiles y carecen de pétalos, tiene una corola conformada por 5 piezas florales petaloides y sepaloides. Pueden ser

hermafroditas, pistiladas (femeninas) y androestériles, es por ello que podría tener hábitos autógamos como alógamos, en consecuencia se puede obtener un 10% de polinización cruzada (Rea, 1969), sin embargo, otras variedades como Kancolla son capaces de obtener un 80% de polinización cruzada (Erquinigo, 1970).

También son capaces de alcanzar tamaños de hasta 3 mm en caso de las flores hermafroditas, sin embargo las flores pistiladas son pequeñas, es por ello que es muy complicado el manejo de su cruzamiento (Gallardo et al., 1997).

- **Fruto**

El fruto de la quinua es un aquenio que se encuentra cubierto por el perigonio, el cual es muy frágil en la planta madura ya que al frotarlo se desprende la semilla con facilidad (Campos, 2018). El fruto posee una forma lenticular, en la zona ventral del aquenio se observa una cicatriz que es la inserción del fruto hacia el receptáculo floral el cual se encuentra constituido por el perigonio, conocido también como la envoltura de la semilla (Flores, 2017).

La coloración del fruto posee una relación con el color del perigonio, los cuales pueden ser verdes, púrpuras o rojas. Se puede considerar el fruto totalmente maduro en el momento que el perigonio obtenga una forma estrellada. (Campos, 2018).

## **2.6. Fenología de la quinua**

La quinua al ser cultivada posee un desarrollo vegetativo que abarca desde los 4 meses hasta los 8 meses, dicha variación de tiempo ocurre por las distintas variedades que tiene la quinua y el ecosistema donde fueron sembrados. La siembra de la quinua en la región alto andina puede realizarse entre agosto a diciembre; sin embargo, en valles interandinos la siembra se puede realizar a fines de diciembre mientras que en la costa la siembra puede realizarse en cualquier mes del año ya que las plantas de quinua pueden desarrollarse con prosperidad durante todo el año.

Según Gutierrez & Roque (2018), determinó que la fenología de la quinua atraviesa por 13 fases importantes y claramente distinguibles.

**Tabla 2.** Estadios fenológicos de la quinua.

| ETAPA | DESCRIPCIÓN                     | NÚMERO DE DÍAS                         |
|-------|---------------------------------|----------------------------------------|
| 1     | Emergencia                      | 5 a 6 días después de la siembra (dds) |
| 2     | Hojas cotiledóneas              | 7 a 10 dds                             |
| 3     | Par de hojas verdaderas         | 15 a 20 dds                            |
| 4     | Segundo par de hojas verdaderas | 25 a 30 dds                            |
| 5     | Tercer par de hojas verdaderas  | 35 a 40 dds                            |
| 6     | Ramificación                    | 45 a 50 dds                            |
| 7     | Inicio de panojamiento          | 55 a 60 dds                            |
| 8     | Panojamiento                    | 65 a 70 dds                            |
| 9     | Inicio de floración             | 75 a 80 dds                            |
| 10    | Plena floración                 | 90 a 100 dds                           |
| 11    | Grano lechoso                   | 100 a 130 dds                          |
| 12    | Grano pastoso                   | 130 a 160 dds                          |
| 13    | Madurez fisiológica             | 160 a 180 dds                          |

Fuente: Mujica, 2006.

- **Emergencia**

Sucede en el momento que la plántula de la quinua brota de la tierra extendiendo por primera vez sus cotiledones a una manera parecida a la de una cabeza de fósforo, esto sucede de los 5 a 6 días de la siembra, dichas plántulas en esta etapa son muy débiles y susceptible al consumo de aves por su morfología y la carnosidad de sus hojas.

- **Hojas cotiledóneas**

Ocurre cuando encontramos a la planta con sus cotiledones emergidos y separados mostrando las dos hojas cotiledóneas extendidas de forma lanceolada angosta. Se puede observar la coloración que tendrá la futura planta mediante su pigmentación roja o púrpura. Esta etapa, inicia a partir de los 7 a 10 días después de la siembra, sin embargo, aún sigue siendo un posible alimento de aves.

- **Dos hojas verdaderas**

Sucede al encontrar a la planta con dos hojas cotiledóneas y dos hojas verdaderas diferenciadas notoriamente ya que las hojas verdaderas poseen una forma romboidal. Dicho suceso se puede observar de los 15 a 20 días luego de efectuar la siembra. En esta etapa son muy susceptibles a ser consumidos por diferentes familias de gusanos plaga.

- **Cuatro hojas verdaderas**

En esta fase se puede observar en la planta, cuatro hojas verdaderas de forma romboidal. Particularmente se puede observar esta etapa de los 25 a 30 días

una vez ocurrida la siembra. En esta etapa la planta adquiere diversas propiedades en esta fase como es la resistencia al frío y la escasez de agua gracias a que sus raíces están expandidas y adheridas en el suelo. Esta etapa aún es susceptible a la presencia de ataques de insectos masticadores.

- **Seis hojas verdaderas**

Se puede visualizar en la planta seis hojas verdaderas en forma romboidal, sin embargo, las cotiledóneas aún presentes en la planta se tornan de color amarillo y se encuentran más débiles. Dicha fase se puede observar de los 35 a 45 días una vez realizada la siembra, obteniendo así una protección mayor en el ápice de la planta ante cambios bruscos de temperatura.

- **Ramificación**

Aquí es posible observar ocho hojas verdaderas de forma romboidal, encontrando también hojas auxiliares situadas desde la tercera fila del tallo. Sin embargo, las hojas cotiledóneas desaparecen dejando unas cicatrices en el tallo observándose también el inicio de la inflorescencia de la planta. Los cambios mencionados ocurren de los 45 a 50 días luego de ser sembradas las semillas, desarrollando la planta, una mayor resistencia a heladas y produciendo gran cantidad de cristales de oxalato de calcio.

- **Inicio de panojamiento**

Sucede luego de los 55 a 60 días de haber sembrado las semillas, empezando a visualizarse una pérdida de color de las primeras hojas verdaderas de la planta y observándose un rápido crecimiento y engrosamiento de la planta. También se puede observar que la inflorescencia empieza a emerger del ápice de la planta.

- **Panojamiento**

La inflorescencia formada sobresale en la parte más alta de la planta observándose notoriamente los glomérulos. El panojamiento ocurre normalmente entre los 65 a 70 días luego de sembrar la semilla y es desde ese momento donde la planta adquiere propiedades nutritivas necesarias para ser consumidas por los seres humanos.

- **Inicio de floración**

En esta etapa se puede observar flores hermafroditas en los glomérulos, logrando ver los estambres. La floración se lleva a cabo a partir de los 75 a 80 días después de la siembra y es en esta fase donde la planta corre peligro de marchitarse ya que es muy sensible a la sequía y a las temperaturas bajas.

- **Plena floración**

Ocurre cuando el 50% de las flores de la inflorescencia principal se encuentran completamente abiertas, este suceso se da entre los 90 a 100 días después de la siembra. La planta aún sigue teniendo mucha sensibilidad a las heladas, logrando resistir un mínimo de -2°C y un máximo de 38°C. Para el reconocimiento de esta fase es necesario observar las flores en horas de la mañana, caso contrario las flores se encontrarán cerradas por la ausencia de la energía solar.

- **Grano lechoso**

Para obtener la certeza que la planta se encuentra en el periodo de grano lechoso, es necesario realizar algunas pruebas al grano de la quinua ya sea presionándolas con los pulgares hasta encontrar un líquido blanquecino. Dicha fase se puede observar entre los 100 a 130 días después de la siembra.

- **Grano pastoso**

Para poder tener la certeza de encontrar a la planta en la fase de grano pastoso, los granos deben de ser presionados con las uñas y al mostrar una consistencia, se puede confirmar que la planta se encuentra en esta fase, ya que ocurre de los 130 a 160 días después de la siembra siendo el riego indispensable para la planta.

- **Madurez fisiológica**

Normalmente la planta se encuentra en madurez fisiológica entre los 160 a 180 días después de la siembra, donde el grano posee una humedad del 14 a 16%.

- **Madurez de cosecha**

En esta etapa se logra observar los granos a simple vista ya que sobresalen del perigonio. La quinua es clasificada como tardía cuando su madurez fisiológica llega a los 180 días, semitardía cuando llega entre los 150 a 180 días, semiprecoces cuando llega entre los 130 a 150 días y precoces cuando llega en menos de 130 días.

## **2.7. Requerimiento del cultivo**

- **Suelo**

La quinua es una planta que genera buenos resultados en suelos francos, poco arenosos, arenosos o francos arcillosos, en surcos semiprofundos que posean un buen abonamiento para obtener mejores rendimientos en la planta. Los suelos deben tener buen drenaje ya que la quinua es susceptible al exceso de humedad sobre todo en los primeros estadios (Mujica et al., 2001).



Se sabe también que la quinua tiene la capacidad de crecer en suelos arenosos con escasez hídrica, pero los granos producidos poseen un bajo rendimiento (Gutierrez & Roque, 2018).

Es recomendable remover constantemente el suelo para poder exponer al ambiente las larvas y pupas y exterminarlos con la ayuda de aves, roedores y la luz del sol. Además, es recomendable que el suelo tenga una gran concentración de materia orgánica (Julón, 2016).

Para el abonamiento en el cultivo de quinua, es recomendable aplicar la fórmula 240-200-80 en NPK, fraccionando el nitrógeno en la siembra. También es recomendable realizar el abonamiento para suelos pobres en nutrientes y también se puede incorporar abonos orgánicos (Mujica et al., 2001).

El suelo debe cumplir algunos requerimientos para que las plantas puedan desarrollarse satisfactoriamente, por ello es necesario la aplicación de estiércol compuesto, residuos de cosecha, compost, humus de lombriz, ceniza, etc. Y en cuanto a los micronutrientes, es necesario suplementarlos con elementos puros como el azufre, magnesio, boro y calcio (Julón, 2016).

La materia orgánica es muy importante en la composición del suelo ya que brinda propiedades muy importantes a la planta, ya sea manteniendo un equilibrio en el pH del suelo evitando estresar a la plantas, beneficiando también a la formación de gran cantidad de microorganismos, en especial a los microorganismos que son capaces de fijar nutrientes (Julón, 2016).

- **Clima**

La quinua es una planta anual acostumbrada a climas frescos; sin embargo, están adaptadas para soportar descensos de temperatura. Gracias a que posee una amplia variabilidad genética, pueden prosperar en muchos hábitats ya que algunos son tolerantes a la escasez de lluvia obteniendo una resistencia a la falta de agua (Campos, 2018).

- **Temperatura**

La temperatura adecuada para la quinua es de 15 a 20°C; sin embargo, la quinua ha desarrollado mecanismos que le ayudan a tolerar temperaturas bajo cero hasta -8°C. La tolerancia en la planta varía de acuerdo a la etapa fenológica en la que se encuentra, por ejemplo en la ramificación es más tolerante a variaciones extremas de temperatura, mientras que en la etapa de floración la planta es más susceptible (Mujica et al., 1999).

En cambio, cuando la planta se encuentra en temperaturas por encima de los 38°C, las flores son abortadas produciendo la muerte de estambres y estigmas

presentes en las flores, interrumpiendo la producción de polen y en consecuencia perjudicando la creación del grano (Mujica et al., 2001).

- **Precipitación**

Su precipitación varía dependiendo de las áreas donde fueron cultivadas las quinuas; por ejemplo en los Andes ecuatorianos la precipitación se da desde 600 a 800 mm, en el Valle Mantaro desde 400 a 500 mm, en la región del lago Titicaca desde 500 a 800 mm y en las regiones de producción al sur de Bolivia desde 200 a 400 mm (Campos, 2018).

- **Fertilización**

Los cultivadores de quinua normalmente no realizan un buen abonamiento en el suelo de cultivo ya que la planta aprovechará los nutrientes brindados por el cultivo anterior. Sin embargo, es recomendable aplicar un mínimo de abonamiento ya sea 5 t/ha de estiércol de corral y si el suelo anteriormente fue utilizado en un cultivo de algún cereal o por la quinua misma, con mayor razón es necesario abonar el campo de cultivo (Churata, 2019).

En investigaciones previas, se ha observado que la quinua prospera satisfactoriamente en suelos que posean de 80 a 120 kg/ha de nitrógeno y de 60 a 80 kg/ha de fósforo. En cuanto al potasio, la cantidad necesaria que debe poseer el suelo es de 80 kg/ha, lo que es muy raro encontrar estos suelos en los Andes. También se ha calculado que por cada kilogramo por hectárea de nitrógeno, la producción de quinua se eleva en 16 kg/ha, es por ello que el nitrógeno es muy rentable para la fertilización (Calzada, 1951).

- **Radiación solar**

La quinua tiene la capacidad de soportar altas radiaciones del sol las cuales son emitidas con mayor intensidad en el altiplano, dichas radiaciones son necesarias para garantizar el periodo vegetativo de la quinua (Gutiérrez & Roque, 2018).

- **Capacidad de adaptación**

La quinua, al poseer una gran variabilidad genética, obtiene una extraordinaria adaptación en los diferentes pisos altitudinales. Es por ello que es cultivada en lugares con diferentes climas (Campos, 2018).

Existe bibliografía de que la quinua sobrevive a -7,8°C, también toleran suelos de diferente textura y pH e incluso creciendo en suelos muy ácidos y fuertemente alcalinos (Mujica, 1988).

## **2.8. Saponina en quinua**

Una de las propiedades de la quinua son las saponinas presentes en el grano, ya que le proporciona un sabor amargo y es por ello que es necesario que pase

por un lavado antes de ser consumidas. Existen diversas formas de eliminarlas de los granos, una de ellas consiste en lavar el grano con abundante agua hasta que la espuma desaparezca por completo; por otro lado, la segunda manera de eliminarla es de la manera mecánica utilizando máquinas para su extracción total. En el proceso del lavado mecánico, la desaponificadora de quinua retira la membrana que envuelve al grano, reciclándola para su utilización en la industria cervecera, cosmetológica y de detergentes, también es utilizado en la fabricación de extinguidores contra incendios, en la fabricación de fotografías y en la producción de hormonas sintéticas (Sepúlveda et al., 2004).

Las saponinas en algunos casos, actúan como barreras protectoras contra ataques de patógenos y herbívoros, por ello se encuentran en las partes más vulnerables de la planta, como las hojas, tallos y raíces (Augustin et al., 2011). También, protege al grano de la quinua de ataques de polillas, gorgojos y otras plagas de almacén (Jara, 2004).

## **2.9. Importancia**

En la última década, la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) ha obtenido un valor protagónico en el territorio peruano gracias a que su demanda ha ido en ascenso debido a su alto contenido proteico, encontrando en su composición aminoácidos esenciales, vitaminas, minerales, polifenoles, fitoesteroles y flavonoides (Abugoch, 2009).

El grano de quinua es uno de los alimentos más completos en la dieta humana ya que posee una alta calidad de proteínas y también posee ácidos grasos muy importantes como el omega 3, 6 y 9, los cuales son esenciales para el cerebro y también brinda vitaminas y minerales como el calcio y el hierro (Mujica & Jacobsen, 2006)

El valor nutritivo de la quinua es excepcional ya que posee un equilibrio entre sus nutrientes, mejorando considerablemente la alimentación humana. La proteína de la quinua es elevada entre los cereales ya que contiene una concentración de proteína entre 14 a 22% (Gomez & Eguiluz, 2011).

El grano de quinua puede ser procesado y venderse en productos comestibles, también las hojas que poseen un alto contenido proteico pueden incluirse en recetas de ensaladas (Caballero et al., 2015). Siendo la quinua el único vegetal que contiene diez aminoácidos esenciales, estos hacen que la proteína de la quinua sea equivalente a la proteína de la leche (Caballero et al., 2015).

En la actualidad, diversas investigaciones evalúan la adaptabilidad del cultivo frente a factores bióticos, abióticos y socioeconómicos, con el fin de encontrar

una interacción entre suelo-planta-ambiente-hombre provocando una armonía en la producción, ya que las plantas son organismos que producen su propio alimento (autótrofos) (García & Plazas, 2018).

**Tabla 3.** Composición de aminoácidos en quinua, kañiwa, kiwicha, arroz, trigo y tarwi.

| Aminoácido                | Quinua <sup>c</sup><br>(Stikic<br>et al.,<br>2012) | Kañiwa <sup>d</sup><br>(Repo-<br>Carrasco,<br>1992) | Kiwicha <sup>e</sup><br>(Repo-<br>Carrasco,<br>1992) | Arroz<br>(Repo-<br>Carrasco,<br>1992) | Trigo<br>(Repo-<br>Carrasco,<br>1992) | Tarwi <sup>f</sup><br>(Lqari<br>et al.,<br>2002) |
|---------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Histidina <sup>a</sup>    | 2,6                                                | 2,7                                                 | 2,4                                                  | 2,2                                   | 2,0                                   | 2,7                                              |
| Metionina <sup>a</sup>    | 2,2                                                | 3,0                                                 | 3,8                                                  | 3,6                                   | 1,3                                   | 1,3                                              |
| Valina <sup>a</sup>       | 5,4                                                | 4,2                                                 | 3,8                                                  | 5,1                                   | 4,6                                   | 3,9                                              |
| Isoleucina <sup>a</sup>   | 5,0                                                | 3,4                                                 | 3,2                                                  | 3,5                                   | 4,3                                   | 5,5                                              |
| Leucina <sup>a</sup>      | 8,3                                                | 6,1                                                 | 5,4                                                  | 7,5                                   | 6,7                                   | 8,7                                              |
| Lisina <sup>a*</sup>      | 3,9                                                | 5,3                                                 | 6,0                                                  | 3,2                                   | 2,8                                   | 5,4                                              |
| Fenilalanina <sup>a</sup> | 4,7                                                | 3,7                                                 | 3,7                                                  | 4,8                                   | 4,9                                   | 5,2                                              |
| Triptófano <sup>a</sup>   | n.d.                                               | 0,9                                                 | 1,1                                                  | 1,1                                   | 1,2                                   | 0,6                                              |
| Tirosina <sup>a</sup>     | 3,6                                                | 2,3                                                 | 2,7                                                  | 2,6                                   | 3,7                                   | 5,9                                              |
| Treonina <sup>a</sup>     | 3,0                                                | 3,3                                                 | 1,1                                                  | 3,2                                   | 2,9                                   | 4,9                                              |
| Arginina <sup>b</sup>     | 13,6                                               | 8,3                                                 | 8,2                                                  | 6,3                                   | 4,8                                   | 11,5                                             |
| Cisteína <sup>b</sup>     | n.d.                                               | 1,6                                                 | 2,3                                                  | 2,5                                   | 2,2                                   | 3,5                                              |

a: Aminoácido esencial; b: Aminoácido esencial condicional; c: *Chenopodium quinoa*; d: *Chenopodium pallidicaule*; e: *Amaranthus caudatus*; f: *L. angustifolius*; \* Amino ácido limitante en cereales; n.d: No detectado  
Fuente: Sundarajan, 2014.

## 2.10. pH

La quinua es una planta que posee un amplio rango de cultivo ya que se ha observado que puede prosperar en suelos con diferentes pH, estudios han demostrado que la quinua es capaz de crecer en suelos con pH ácido y alcalino, abarcando un rango de 4,5 a 9,0 de pH (Sepúlveda et al., 2004).

El pH del suelo es muy importante porque brinda diversos nutrientes para el crecimiento de la planta, incluso controla muchas actividades químicas y biológicas que se dan en el suelo, además de expresar la actividad del ion hidrógeno presente en el suelo (Sadzawka & Campillo, 1993). Los suelos ácidos en su mayoría se encuentran en zonas húmedas y tropicales, mientras que los suelos básicos se encuentran en zonas secas, sin embargo los suelos tienden a acidificarse por factores como la meteorización de aluminosilicatos (liberación de aluminio  $Al^{3+}$  al suelo), el aluminio atrapa a 3 iones  $OH^-$  presentes en tres moléculas de  $H_2O$  en el suelo, liberando 3 iones de  $H^+$  y posteriormente acidificando el suelo (Osorio, 2012).

El pH del suelo puede variar por la presencia de muchos componentes que forman el suelo. Las lluvias pueden afectar el cambio de pH en el suelo, ya que cuando la lluvia pasa a través del suelo, este lixivia nutrientes como el calcio y magnesio, es en ese momento donde estos nutrientes son reemplazados por el aluminio y el hierro, consecuencia de ello los suelos ácidos se encuentran en zonas lluviosas y los suelos básicos se encuentran en zonas secas. Por otro lado, la presencia de fertilizantes en el suelo como el amonio o la urea, aceleran la acidificación del suelo, al igual que la presencia de materia orgánica (Kluepfel & Lippert, 2012).

El pH es un buen indicador de presencia de nutrientes en el suelo gracias a la presencia de los iones aluminio,  $H^+$  y  $OH^-$ , ya que son importantes para la solubilidad de los nutrientes en el suelo (fosfato, sulfato, molibdatos, hierro, manganeso, cobre y zinc) o también actúan como indicadores de escasez de calcio, magnesio, potasio y sodio en el suelo. Cuando el pH se encuentra cercano a la neutralidad, la abundancia de iones  $OH^-$  precipita compuestos insolubles como el hierro, manganeso, cobre y zinc, sin embargo con pH bajos, existe abundancia de iones de Aluminio impidiendo la solubilidad de fosfatos, sulfatos y molibdatos como también la nitrificación y la descomposición de la materia orgánica (Osorio, 2012).

Usualmente para modificar el pH ácido del suelo, es recomendable utilizar prácticas como la del encalado y así conseguir un ambiente propicio para el desarrollo de las raíces de las plantas (Benton, 2003).

**Tabla 4.** Descripción del efecto esperado de los suelos, expuestos a diferentes rangos de pH.

| Termino descriptivo      | Rango de pH en agua | Efecto esperado                                                                                                                                                                |
|--------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Extremadamente ácido     | <4,5                | Condiciones muy desfavorables.                                                                                                                                                 |
| Muy fuertemente ácido    | 4,5 - 5,0           | Toxicidad de $Al^{+3}$ y exceso de Cu, Co, Fe.                                                                                                                                 |
| Fuertemente ácido        | 5,1 - 5,5           | Deficiencia de Ca, K, N, Mg, Mo, P, S.<br>Actividad bacteriana escasa.                                                                                                         |
| Moderadamente ácido      | 5,6 - 6,0           | Adecuado para la mayoría de los cultivos.                                                                                                                                      |
| Ligeramente ácido        | 6,1 - 6,5           | Máxima disponibilidad de nutrientes.                                                                                                                                           |
| Neutro                   | 6,6 - 7,3           | Mínimos efectos tóxicos.<br>Bajo pH 7.0 no hay carbonato de Ca.                                                                                                                |
| Ligeramente alcalino     | 7,4 - 7,8           | Suelos generalmente con $Ca\ CO_3$ .<br>Disminuye la disponibilidad de P.                                                                                                      |
| Moderadamente alcalino   | 7,9 - 8,4           | Deficiencia creciente de Co, Cu, Fe, Mn y Zn. Clorosis Férrica.                                                                                                                |
| Fuertemente alcalino     | 8,5 - 9,0           | En suelos no sódicos, puede haber Mg, $CO_3$ , mayores problemas de clorosis férrica, toxicidad de B.<br>Presencia de Carbonato de Na.<br>Suelos sódicos, toxicidad de B y Na. |
| Muy fuertemente alcalino | >9,0                | Deficiencia de micronutrientes excepto Mo<br>Actividad microbiana escasa.<br>Condiciones muy desfavorables.                                                                    |

Fuente: Campillo & Sadzawka, 2006.

## 2.11. Proteínas

Las proteínas son las principales moléculas con función estructural y funcional de las células y poseen diversas funciones dentro de los organismos, como la función catalítica (realizadas por las enzimas), función en la motilidad corporal (realizadas por la actina y la miosina), función mecánica (gracias a la elastina y el colágeno), función de transporte y almacén (gracias a la hemoglobina y la mioglobina), función de protección (realizado por los anticuerpos), función reguladora (realizado por las hormonas), etc. (Martínez & Martínez de Victoria, 2006).

Las proteínas son denominadas las macromoléculas con mayor abundancia en el interior de las células ya que conforman el 50% de su peso seco y se encuentran presentes en la mayor parte de las funciones de los seres vivos. Su estructura y conformación brinda a la célula muchas funciones de vital

importancia (Molina, 2018). Estas se encuentran conformadas por elementos como el carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno; sin embargo, la mayoría de estas poseen en su estructura el azufre y otros componentes que las diferencian. Por ejemplo, en la estructura de las proteínas en la familia de los lácteos se encuentra la presencia del fósforo, como también en la hemoglobina, en tanto a la mioglobina se encuentra el hierro. Dichos elementos químicos forman las unidades mínimas de las proteínas llamadas aminoácidos, que son mejor llamados “ladrillos de los edificios moleculares proteicos”. Es por ello que las proteínas obtienen un valor importante en la dieta alimenticia ya que poseen propiedades nutricionales y funcionales únicas (Molina, 2018).

Los aminoácidos se encuentran divididos en aminoácidos esenciales y no esenciales, la diferencia entre ellos radica en su síntesis. Los aminoácidos esenciales o indispensables poseen una estructura que no se puede sintetizar en el organismo humano, por ello deben ser consumidos en nuestra dieta diaria (Martínez & Martínez de Victoria, 2018).

Estudios previos muestran que la concentración proteica media de la quinua se encuentra entre 12 – 23 %, cuyos valores son considerados de la más alta calidad comparable a la proteína del huevo y la leche. Comparando los granos de quinua con los granos de cereales, el contenido de proteína total de la quinua es 16,3 % superando a la proteína de la cebada (11 %), arroz (7,5) y del maíz (13,4 %), sin embargo compite con la proteína del trigo ya que contiene un 15,4% (Abugoch et al., 2008).

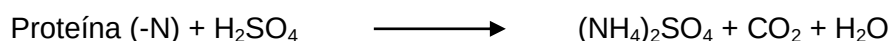
La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) contiene proteínas de alto valor biológico ya que aparte de contener aminoácidos esenciales, contiene vitaminas como la tiamina, niacina, riboflavina y vitamina E y minerales como el magnesio, zinc, manganeso y potasio. Dichas propiedades brindan a la quinua propiedades nutritivas que hacen que compita con proteína animal presentes en carnes, leche y huevo.

## **2.12. Método Micro Kjeldahl**

Una de las técnicas más utilizadas para poder determinar el contenido proteico de la quinua es el método de micro Kjeldahl que está basado en determinar el nitrógeno, obteniéndolo sobre el ácido bórico para valorarlo seguidamente con ácido clorhídrico o sulfúrico y mediante un cálculo es posible calcular el porcentaje proteico (AppliChem, 2018). Este método consta de tres etapas; digestión, destilación y valoración.

- **Digestión**

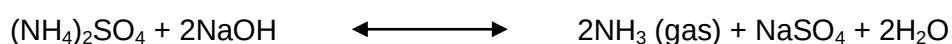
La digestión tiene como objetivo romper los enlaces de nitrógeno presentes en la muestra y convertirlos en iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Gracias al carbono orgánico y al hidrógeno se forman moléculas de agua y dióxido de carbono y a su vez forman sulfitos que se convierten en un líquido claro cuando la digestión ha terminado. (Para llegar a este punto, es necesario exponer a la muestra con ácido sulfúrico y se puede agregar sulfato de potasio para elevar el punto de ebullición del ácido, como también catalizadores para aumentar la velocidad de digestión).



- **Destilación**

La destilación tiene como objetivo transformar los iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) gracias a la presencia de un álcali que puede ser el hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ).

Este proceso empieza con el arrastre del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) gracias al vapor de agua originado en la destilación.



El contenido es recogido en un vaso precipitado el cual contiene ácido bórico  $[\text{B}(\text{OH})_3]$  en solución acuosa, el cual hace que el amoníaco sea capturado de manera cuantitativa.



- **Valoración**

Una vez obtenida la muestra digerida con ácido sulfúrico al 98%, una corriente de vapor de agua arrastra el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) formado gracias a la generación de burbujas. Luego se añaden 50 ml de ácido bórico para neutralizar el pH de la muestra y convertir el  $\text{NH}_4$  en  $\text{NH}_3$ . Seguidamente el  $\text{NH}_3$  es capturado en ácido bórico al 4%. (AppliChem, 2018).

El boro es titulado con ácido sulfúrico al 0,1N agregando 6 – 7 gotas del indicador de Tashiro, resultado un viraje de un rojo violeta a verde (pH 4,4 – 5,8) gracias a que el indicador pasa de su forma ácida a su forma básica y por último anotar el gasto de ácido sulfúrico.



$$\% \text{ Nitrógeno Total} = \frac{\text{Gasto} \times 14 \times 0,1 \times 100}{\text{Peso de muestra (mg)}}$$

14 = Peso atómico del Nitrógeno

0,1 = Normalidad del ácido sulfúrico

Gasto = Cantidad de ácido sulfúrico gastado en mililitros

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrógeno Total} \times 6,25$$

6,25 = Factor de conversión de Nitrógeno a proteínas

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en las instalaciones de la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA – Ayacucho, ubicado en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, región Ayacucho a una altitud de 2735 msnm y latitud 13° 10' 09".

Las muestras de quinua se obtuvieron del Banco de Germoplasma de la Estación Experimental Agraria Canaán-INIA-Ayacucho y la obtención del sustrato (tierra) se trasladó desde el distrito de Chiara, provincia de Huamanga, región Ayacucho a una altitud de 3515 msnm.

##### 3.1.1. Ubicación política

**Región** : Ayacucho  
**Provincia** : Huamanga  
**Distrito** : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray  
**Lugar** : Estación Experimental Agraria Canaán – INIA – Ayacucho

##### 3.1.2. Ubicación geográfica

**Latitud sur** : 13° 10' 09" S  
**Longitud oeste** : 74° 12' 82" O  
**Altitud** : 2735 msnm  
**Zona de Vida** : bs-MBS (bosques secos – montano bajo – subtropical)

#### 3.2. Tiempo de ejecución

El tiempo de ejecución de la presente tesis fue de 6 meses. La ejecución parte desde el 22 de julio de 2020 hasta el 28 de enero de 2021.

#### 3.3. Población y muestra

##### 3.3.1. Población

Conformada por cuatro variedades de semillas de *Chenopodium quinoa* Willd. "quinua" proporcionadas del banco de germoplasma de la Estación Experimental Agraria Canaán-INIA-Ayacucho.

### 3.3.2. Muestra

Se utilizaron cinco plántulas de cada variedad, cultivadas en baldes de 20 L de capacidad, considerando las repeticiones de cada muestra de manera no probabilística.

## 3.4. Metodología y recolección de datos

### 3.4.1. Recolección de datos

Las semillas de quinua se adquirieron del banco de germoplasma de la Estación Experimental Agraria Canaán-INIA-Ayacucho.

### 3.4.2. Extracción y análisis de tierra

- La tierra utilizada para el cultivo de la quinua fue extraída del distrito de Chiara, extrayendo un promedio de 960 kg de tierra sin fertilizantes.
- Se determinó el pH y se seleccionaron las áreas cercanas a 5,5 de pH, para poder elevarlos para cada tratamiento.
- Se analizó los componentes de la tierra extraída como la materia orgánica, pH, nitrógeno (%), fósforo (ppm) y potasio (ppm) utilizando el Análisis de Suelos: Fertilidad del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

**Tabla 5.** Análisis del sustrato extraído del distrito de Chiara, realizado en la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA en el mes de febrero del 2020.

| Número de Muestra |        | pH    | MO   | N    | P     | K      |
|-------------------|--------|-------|------|------|-------|--------|
| Laboratorio       | Campo  | (1:2) | %    | %    | ppm   | ppm    |
| SF 2020-096       | Lote 1 | 5,64  | 2,41 | 0,12 | 12,78 | 115,36 |

Fuente: Laboratorio de suelos de la Estación Experimental Agraria Canaán INIA Ayacucho, 2020.

### 3.4.3. Protocolo de abonamiento de tierra

- Se utilizó fosfato diamónico, urea y cloruro de potasio (NPK) en una dosis promedio de 80 kg/ha de nitrógeno, 80 kg/ha de fósforo y 40 kg/ha de potasio para el abonamiento de la tierra.
- Para obtener la cantidad necesaria de nitrógeno, se realizaron los cálculos correspondientes, resultando que la urea proporcionó un promedio de 46 kg/ha de nitrógeno, el fosfato diamónico 18 kg/ha de nitrógeno y 46 kg/ha de fósforo y el cloruro de potasio 60 kg/ha de potasio, recomendado por INIA (2015).
- Finalmente se calculó la cantidad de NPK para los baldes de 19 kg de tierra (Anexo 26).

#### 3.4.4. Protocolo de determinación del pH inicial

- Se determinó el pH del suelo utilizando la metodología del Instituto de Investigación Agraria (INIA), el cual consistió en realizar una mezcla de 20 g de suelo seco (previamente tamizado) con 20 ml de agua destilada.
- Se mezcló la tierra con el agua por un periodo de 20 min con la ayuda de un agitador magnético para obtener un resultado más exacto.
- Se dejó reposar cada muestra por 5 min hasta visualizar la formación de un sobrenadante transparente.
- Una vez obtenido el sobrenadante, se procedió a la medición del pH de cada muestra, para lo cual se requirió la ayuda de un potenciómetro previamente calibrado.
- Se registraron los valores de pH de tres repeticiones y realizando un promedio se obtuvo una medida de pH más exacta, de acuerdo a lo descrito por De la Casa et al. (2003).

**Tabla 6.** Promedio del pH de tierra extraída del distrito de Chiara, analizadas en el laboratorio de suelos de la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA – Ayacucho, en el mes de junio del 2020.

| Número del sector | pH 1 | pH 2 | pH 3 | pH promedio |
|-------------------|------|------|------|-------------|
| Sector 1          | 5,33 | 5,35 | 5,45 | 5,38        |
| Sector 2          | 5,33 | 5,25 | 5,41 | 5,33        |
| Sector 3          | 5,47 | 5,45 | 5,43 | 5,45        |
| Sector 4          | 5,39 | 5,43 | 5,39 | 5,40        |
| Sector 5          | 5,41 | 5,44 | 5,36 | 5,40        |
| Sector 6          | 5,40 | 5,43 | 5,35 | 5,39        |
| Sector 7          | 5,36 | 5,35 | 5,37 | 5,36        |
| Sector 8          | 5,37 | 5,39 | 5,37 | 5,38        |
| Sector 9          | 5,42 | 5,41 | 5,41 | 5,41        |
| Sector 10         | 5,36 | 5,38 | 5,40 | 5,38        |
| Sector 11         | 5,37 | 5,46 | 5,44 | 5,42        |
| Sector 12         | 5,42 | 5,45 | 5,49 | 5,45        |

#### 3.4.5. Protocolo de la modificación del pH

- Se utilizó el método del encalado descrito por Espinoza et al. (2019b), para modificar el pH del suelo hasta obtener los valores requeridos.
- Se realizaron mediciones piloto para modificar el pH de la tierra, encontrando la cantidad exacta de Cal que se debe agregar a cada porción de suelo con pH requerido.

- Se colocó la tierra modificada en los baldes correspondientes, trabajándose con 16 tratamientos en total, cada uno por triplicado.

**Tabla 7.** Análisis de la variación del pH de los 12 sectores de tierra elegidos al azar, a partir de la tierra extraída del distrito de Chiara, en el mes de junio del 2020.

| Número del sector | 20g Tierra<br>pH inicial | pH 5,7<br>pHi + 0,104g<br>de cal | pH 6,5<br>pHi + 0,204g<br>de cal | pH 7,0<br>pHi + 0,254g<br>de cal | pH 7,5<br>pHi + 0,304g<br>de cal |
|-------------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Sector 1          | 5,38                     | 5,76                             | 6,85                             | 6,96                             | 7,61                             |
| Sector 2          | 5,33                     | 5,67                             | 6,76                             | 6,86                             | 7,60                             |
| Sector 3          | 5,45                     | 5,72                             | 6,72                             | 7,10                             | 7,60                             |
| Sector 4          | 5,40                     | 5,80                             | 6,73                             | 7,02                             | 7,58                             |
| Sector 5          | 5,40                     | 5,81                             | 6,83                             | 7,00                             | 7,58                             |
| Sector 6          | 5,39                     | 5,78                             | 6,82                             | 6,98                             | 7,56                             |
| Sector 7          | 5,36                     | 5,71                             | 6,69                             | 7,12                             | 7,63                             |
| Sector 8          | 5,38                     | 5,72                             | 6,67                             | 7,11                             | 7,57                             |
| Sector 9          | 5,41                     | 5,71                             | 6,80                             | 7,12                             | 7,61                             |
| Sector 10         | 5,38                     | 5,74                             | 6,80                             | 6,98                             | 7,60                             |
| Sector 11         | 5,42                     | 5,76                             | 6,74                             | 7,09                             | 7,60                             |
| Sector 12         | 5,45                     | 5,78                             | 6,70                             | 7,15                             | 7,58                             |
| Promedio          | 5,40                     | 5,75                             | 6,76                             | 7,04                             | 7,59                             |
| D. Estándar       | 0,0352274                | 0,04113494                       | 0,05984298                       | 0,08723462                       | 0,01914597                       |
| C.V. %            | 0,6527622                | 0,7158779                        | 0,88557864                       | 1,23924547                       | 0,25214461                       |

#### 3.4.6. Cultivo de quinua

- De un cultivo de quinua, se extrajeron 5 plántulas de quinua de cada variedad al azar en cada balde previamente rotulado y se regó diariamente con 1 L de agua declorada.
- Se realizó el control de crecimiento de las plantas de quinua, cada 2 días.
- Se cosechó las plantas de quinua en estadio de grano pastoso para luego poder convertirla en harina de quinua y poder determinar la proteína que contiene cada variedad.

**Tabla 8.** Tratamientos de las cuatro variedades de quinua cultivadas a diferentes pH en la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA – Ayacucho, en los meses de julio del 2020 a enero del 2021.

| TRATAMIENTOS | Variedad : pH                 | Número de baldes |
|--------------|-------------------------------|------------------|
| T1           | Pasankalla : pH = 5,7         | 3                |
| T2           | Pasankalla : pH = 6,5         | 3                |
| T3           | Pasankalla : pH = 7,0         | 3                |
| T4           | Pasankalla : pH = 7,5         | 3                |
| T5           | Salcedo INIA : pH = 5,7       | 3                |
| T6           | Salcedo INIA : pH = 6,5       | 3                |
| T7           | Salcedo INIA : pH = 7,0       | 3                |
| T8           | Salcedo INIA : pH = 7,5       | 3                |
| T9           | Negra Collana : pH = 5,7      | 3                |
| T10          | Negra Collana : pH = 6,5      | 3                |
| T11          | Negra Collana : pH = 7,0      | 3                |
| T12          | Negra Collana : pH = 7,5      | 3                |
| T13          | Compuesto Chontaca : pH = 5,7 | 3                |
| T14          | Compuesto Chontaca : pH = 6,5 | 3                |
| T15          | Compuesto Chontaca : pH = 7,0 | 3                |
| T16          | Compuesto Chontaca : pH = 7,5 | 3                |
|              |                               | Total = 48       |

### 3.4.7. Determinación de proteína total (Método Micro Kjeldahl)

El contenido proteico total de las semillas de quinua fueron analizadas por la Universidad Nacional Agraria La Molina (Anexo 29), utilizando el método Micro Kjeldahl; proteína total: AOAC 984.13 (AOAC, 2005).

#### Digestión

- Se colocó 0,3 g de harina de quinua en un tubo de digestión, evitando que quede restos de muestra en las paredes del tubo.
- Seguidamente se agregó 3 ml de ácido sulfúrico concentrado y 1,5 g de sulfato de potasio para elevar el punto de ebullición de ácido sulfúrico.
- También se debe utilizar un blanco que contenga las sales de digestión sin la presencia de muestras.
- Se colocaron los tubos de digestión con las muestras en el módulo digestor y se digirió por unos 80 min.
- Al finalizar la digestión se observó la transformación de la muestra en un líquido verde esmeralda.

### **Destilación**

- Al iniciar con la destilación, se colocó la muestra en la boquilla superior del equipo Kjeldahl para ingresar la muestra y se enjuago el tubo con 5 ml de agua destilada.
- En el extremo del condensador se colocó un matraz de Erlenmeyer conteniendo 10 ml de ácido bórico al 4% con 3 gotas del indicador de Tashiro (azul de metileno al 0,1% y rojo de metilo al 0,03% en etanol).
- Seguidamente, se agregó 10 ml de hidróxido de sodio al 50% y se destiló por 5 min.
- En el proceso, el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) se recibió en el matraz conteniendo el ácido bórico.

### **Titulación y cálculos**

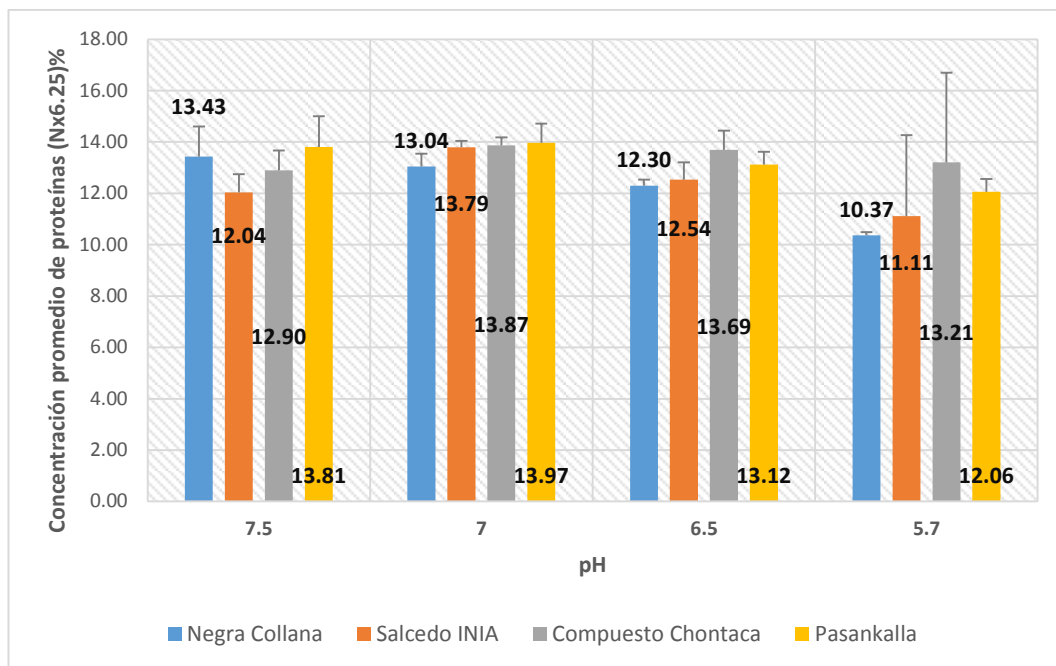
- El destilado que se obtuvo, estuvo en su forma de borato de amonio y se tituló con ácido sulfúrico 0,1N.
- El ácido bórico se tornó de color verde gracias a la presencia de nitrógeno que ingresa al matraz, mientras más nitrógeno ingresa mayor será la coloración verduzca de la muestra.
- Se anotó el gasto del ácido sulfúrico utilizado en la titulación y se calculó el porcentaje de nitrógeno y consecuentemente el porcentaje de proteína utilizando el factor de conversión 6,25 que está estipulado en el método AOAC 984.13 (AOAC, 2005).

### **3.5. Análisis estadístico**

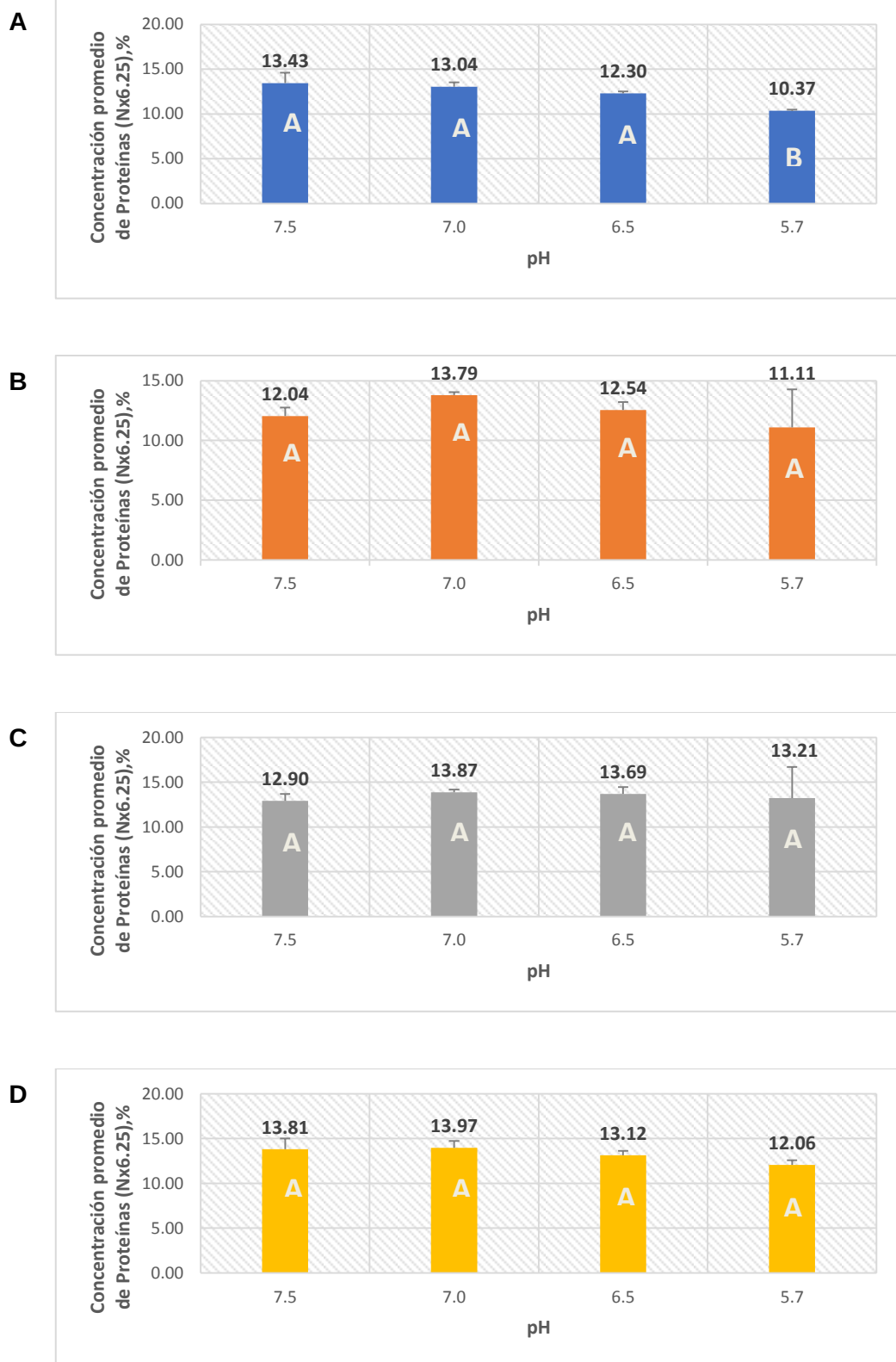
Las plántulas cultivadas a diferentes concentraciones de pH fueron de manera aleatoria, por lo que en la presente investigación se trabajó con un diseño completamente aleatorizado y se obtuvieron datos presentados en tablas y figuras. Los datos fueron analizados con el análisis de varianza (ANOVA) y las comparaciones múltiples de promedios se realizaron con la prueba de Tukey. Los análisis se realizaron con el programa estadístico Infostat versión 2020, considerando un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  (Di Rienzo et al., 2020).

#### **IV. RESULTADOS**

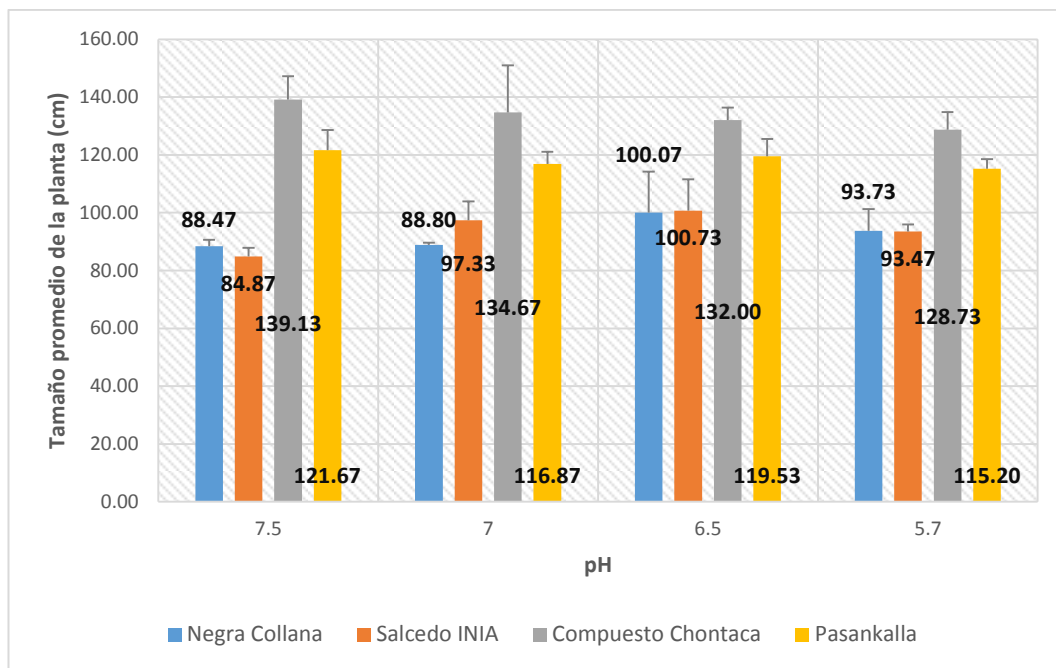




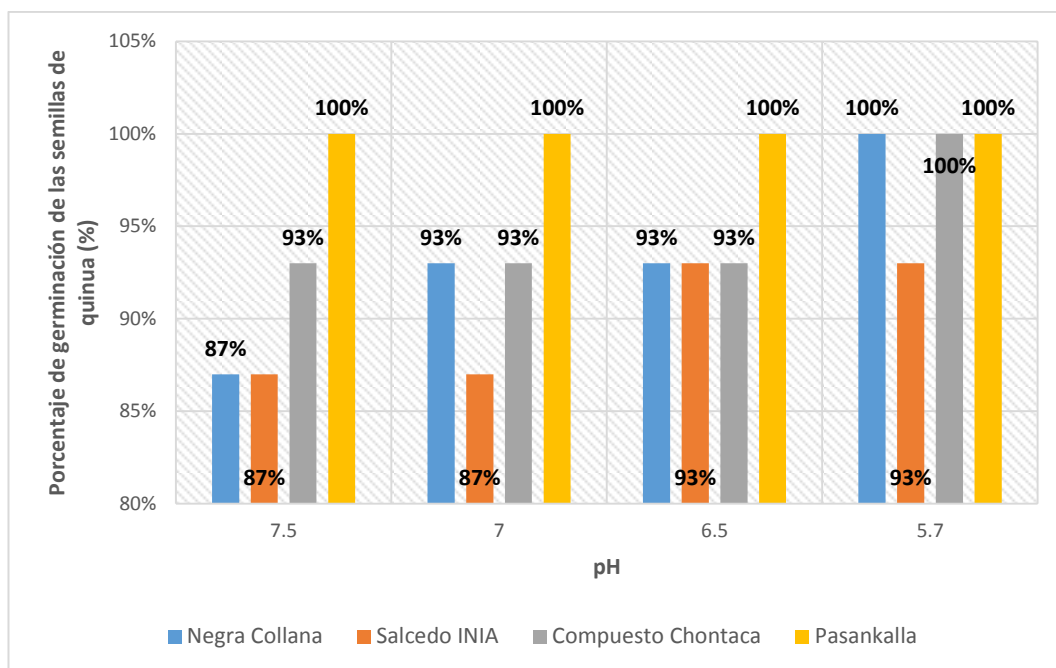
**Figura 2.** Concentración proteica de las semillas de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” (media  $\pm$  SD) en relación al pH cultivado. Ayacucho, noviembre 2021.



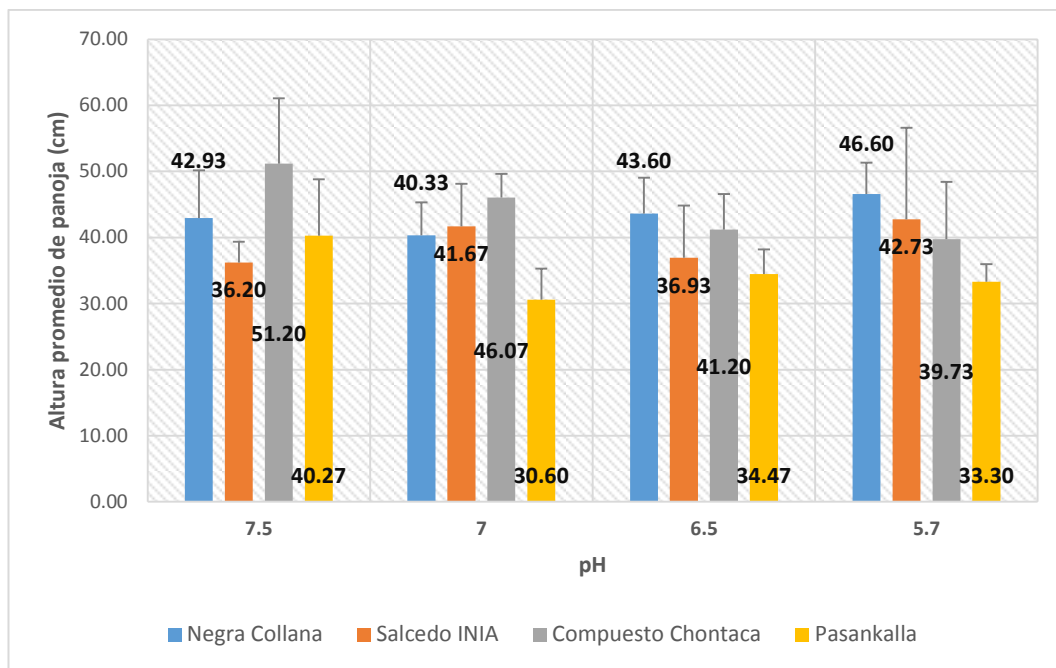
**Figura 3.** Comparación de medias de la concentración proteica de las semillas de las cuatro variedades de quinua (media  $\pm$  SD) *Chenopodium quinoa* Willd (A: Negra Collana, B: Salcedo INIA, C: Compuesto Chontaca y D: Pasankalla analizadas respectivamente) en relación al pH cultivado. Ayacucho, noviembre 2021.



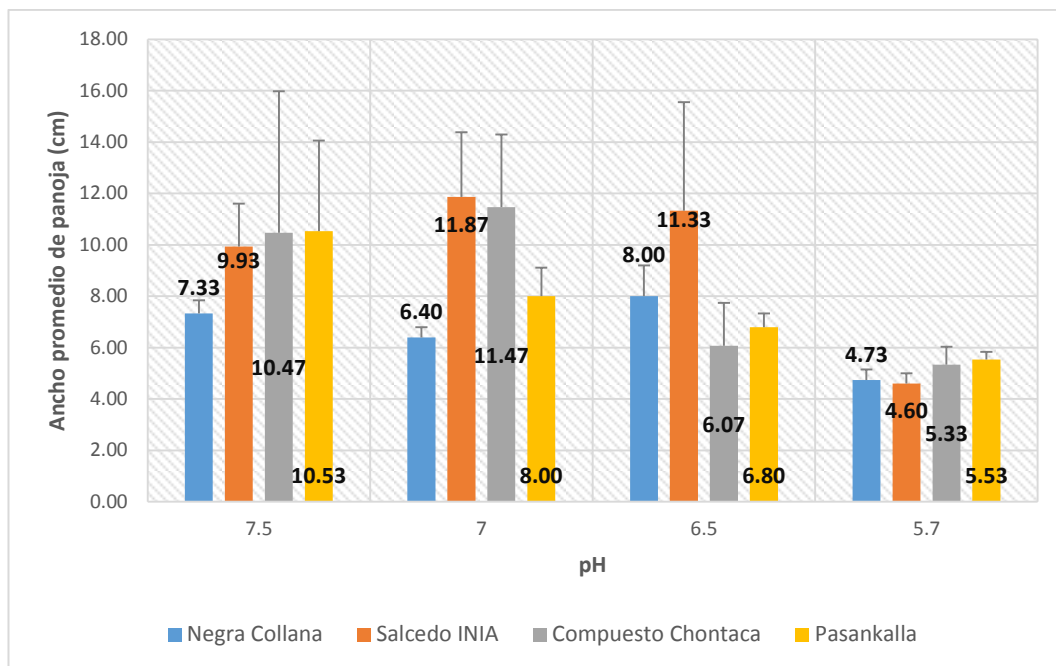
**Figura 4.** Altura de la planta de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” (media  $\pm$  SD) en relación al pH cultivado, a los 91 días de la siembra. Ayacucho, noviembre 2021.



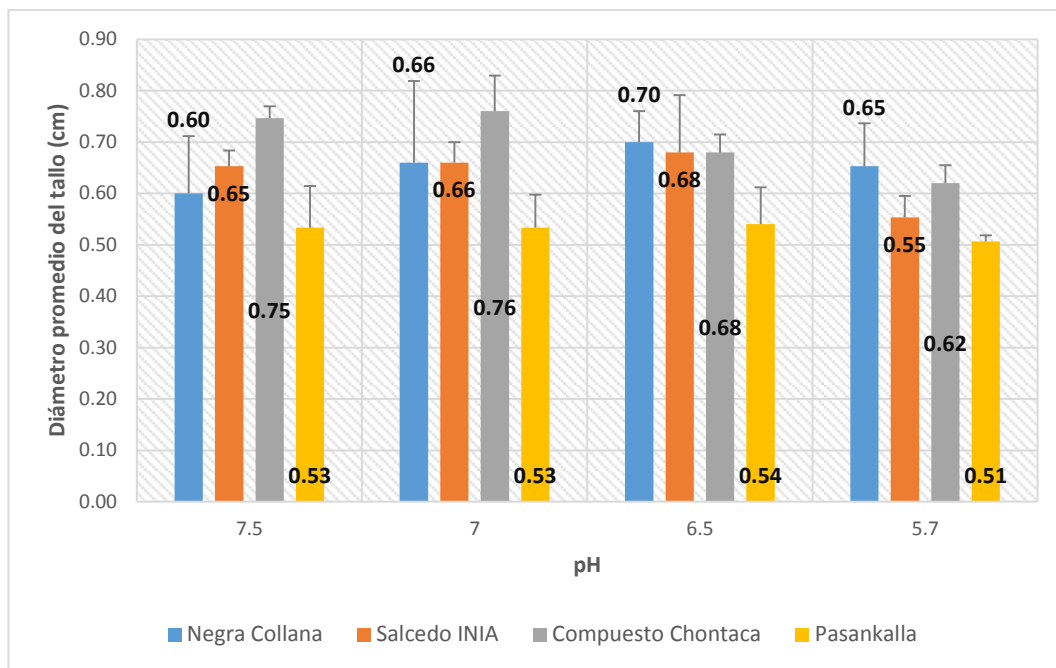
**Figura 5.** Porcentaje de germinación de las semillas de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” en relación al pH cultivado, a los 7 días de la siembra. Ayacucho, noviembre 2021.



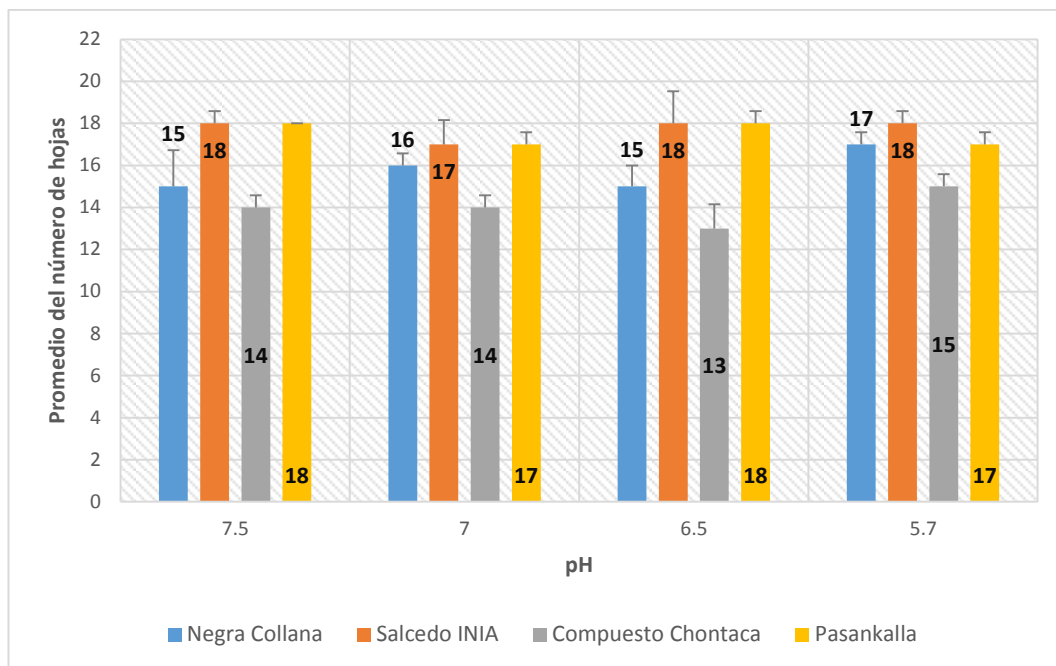
**Figura 6.** Altura de panoja de la planta de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” (media  $\pm$  SD) en relación al pH cultivado, a los 124 días de la siembra. Ayacucho, noviembre 2021.



**Figura 7.** Ancho de panoja de la planta de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” (media  $\pm$  SD) en relación al pH cultivado, a los 124 días de la siembra. Ayacucho, noviembre 2021.

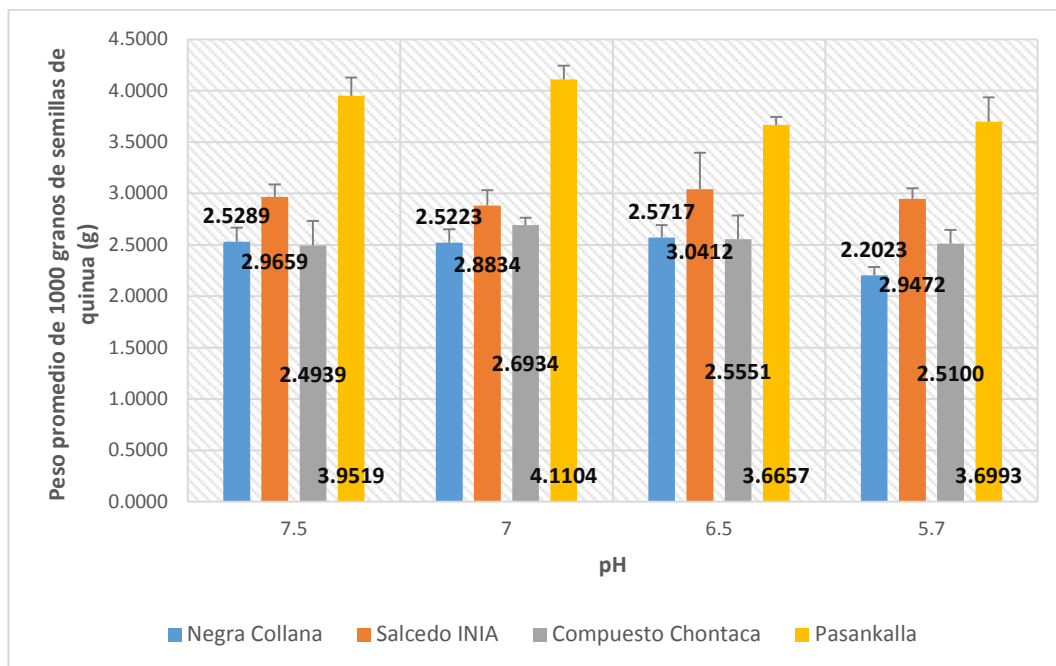


**Figura 8.** Diámetro del tallo de la planta de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” (media  $\pm$  SD) en relación al pH cultivado, a los 124 días de la siembra. Ayacucho, noviembre 2021.

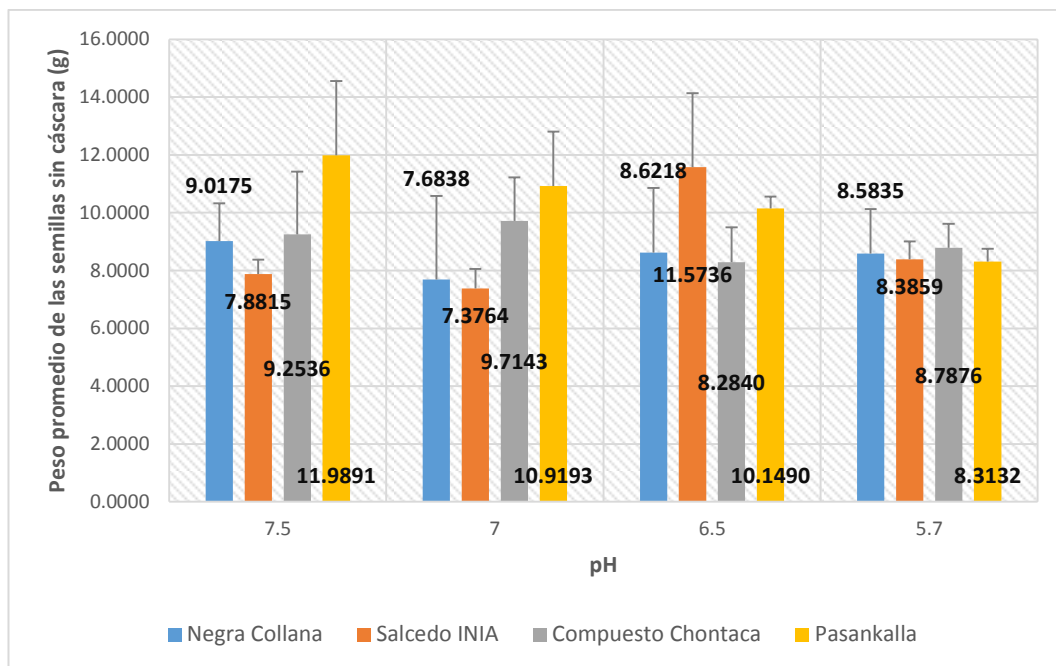


**Figura 9.** Número de hojas de la planta de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” (media  $\pm$  SD) en relación al pH cultivado, a los 54 días de la siembra. Ayacucho, noviembre 2021.





**Figura 10.** Peso de 1000 granos de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” (media  $\pm$  SD) en relación al pH cultivado, a los 131 días de la siembra. Ayacucho, noviembre 2021.



**Figura 11.** Peso de semillas sin cáscara de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” (media  $\pm$  SD) en relación al pH cultivado, a los 131 días de la siembra. Ayacucho, noviembre 2021.

## V. DISCUSIÓN

La investigación muestra resultados del análisis del contenido proteico de los granos de quinua, altura de la planta (cm), porcentaje de germinación, altura y ancho de panoja (cm), diámetro del tallo (cm), número de hojas, peso de 1000 granos (g) y peso de semillas sin cáscara (g) poniendo en evidencia las diferencias que se presenta en las cuatro variedades de quinua al ser cultivadas en suelos con cuatro diferentes pH.

### 5.1. Evaluación de la concentración proteica del grano de quinua

Los resultados del contenido proteico de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” sometidos a cuatro diferentes pH, fueron reportados en la Figura 2, mostrando que en la variedad Pasankalla se obtuvo la mayor concentración de proteína con 13,97% cultivadas en pH 7,0; seguido de la variedad Compuesto Chontaca con 13,87% en pH 7,0; mientras que los valores mínimos fueron encontrados en la variedad Negra Collana con 10,37% en pH 5,7 y en la variedad Salcedo INIA con 11,11% en pH 5,7. Mientras que en la Figura 3, se muestra la comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de confianza del 95%, donde las plantas mostraron que el factor dosis de pH no tuvo efecto significativo en la concentración de proteínas de las variedades Salcedo INIA, Compuesto Chontaca y Pasankalla, sin embargo el pH influyó negativamente en la concentración proteica de la variedad Negra Collana cultivada en pH 5,7; concluyendo que las variedades de quinua pueden variar su contenido proteico de acuerdo a determinados rangos de pH. Dicha información fue corroborada por Caballero et al., (2015), quienes obtuvieron resultados similares en un estudio realizado en Bolivia con cultivos de quinua de la variedad Jacha grano, que fueron cultivadas en diferentes concentraciones de estiércol de ovino (0, 125, 250 y 500 kg/N x ha<sup>-1</sup>), donde no encontraron diferencias significativas en el contenido de proteínas del tallo, hoja y grano al momento de la cosecha, sin embargo, encontraron una diferencia significativa en los granos

que fueron cultivados con aporte de 250 y 500 kg/N x Ha<sup>-1</sup>, obteniendo valores altos de 17,80 y 18,78%. Por otro lado, Schulte Auf'm Erley et al., (2005), encontraron diferencias significativas en los resultados del contenido proteico presente en el grano cuando aplicaron entre 0, 75 y 150 kg/ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, encontrando un promedio de 13,33% de proteína y una concentración proteica de 15,01% cuando se aumentó la concentración de nitrógeno a 225 kg/ha<sup>-1</sup>.

Sin embargo, Miguel (2011), menciona que las concentraciones de proteína están relacionadas a los diversos ecotipos que esta presenta, así como la concentración de nitrógeno presente en el suelo, encontrando valores muy diferentes en la concentración de proteínas obtenidas de tres variedades de quinua; quinua Sayaña, quinua Witulla y quinua Real (importada de Bolivia) que fueron analizadas por el método de MicroKjeldhal, donde se encontró valores de 13,36, 15,30 y 10,94% respectivamente y se concluyó que las variedades de quinua no tienen la misma cantidad de proteínas. Reforzando lo ya antes mencionado sobre la dependencia de las proteínas con el ecotipo del cultivo.

Por otro lado, Ledet (2002), manifiesta que las proporciones muy altas de sodio con respecto al potasio inactivan las enzimas presentes en las plantas bloqueando la producción de proteínas, encontrando en la salinidad del suelo un factor muy importante en el crecimiento de la quinua, de igual manera sucede con la fotosíntesis ya que el proceso es interrumpido por la presencia de grandes concentraciones de sodio y cloro presentes en los cloroplastos.

El contenido proteico obtenido en la presente investigación fluctuó de los 10,37 a 13,97%, encontrando valores similares en la investigación de Jancurová et al., (2009), ya que expresan que la quinua posee un contenido proteico entre 8 al 22%, obteniendo en nuestros resultados valores aceptables dentro del rango de contenido proteico. Así mismo, Rojas et al., (2010), consideran que valores entre 17,1 al 18,5% son contenidos proteicos muy altos los cuales impulsan al desarrollo de productos con alto valor proteico.

Para la obtención de una máxima cantidad de proteínas en las variedades de quinua se recomienda que la variedad Negra Collana debe ser cultivada en suelos con pH de 6,5; 7,0 y 7,5; en cuanto a la variedad Salcedo INIA es recomendable cultivarla en suelos con pH 6,5; 7,0 y 7,5; en la variedad Compuesto Chontaca es recomendable cultivarla en suelos con pH de 5,7; 6,5; 7,0 y 7,5; por último, la variedad Pasankalla es recomendable cultivarla en suelos con pH de 5,7; 6,5; 7,0 y 7,5.

Los resultados del contenido proteico de las cuatro variedades de quinua analizadas fueron aceptables en comparación con las quinuas chilenas investigadas por Covarrubias et al., (2020), quienes obtuvieron una concentración proteica entre los 14,40 a 18,90%.

En los resultados de la presente investigación se encontró un rango de concentración proteica aceptable, entre 10,37 a 13,43% en la variedad Negra Collana, entre 11,11 a 13,79% en la variedad Salcedo INIA, entre 12,90 a 13,87% en la variedad Compuesto Chontaca y entre 12,06 a 13,97% en la variedad Pasankalla, estando dentro del rango establecido por el Codex Alimentarius, quienes establecen que la quinua debe poseer un mínimo de 10,00% de contenido proteico.

Por otro lado, Sepúlveda et al., (2004), manifiestan que la quinua es una planta que posee un amplio rango de cultivo ya que se ha observado que puede prosperar en suelos con determinado rango de pH y en diversos estudios han demostrado que la quinua es capaz de prosperar en suelos con pH ácido y alcalino abarcando desde los 4,5 a 9,0 de pH.

## **5.2. Altura de la planta**

En cuanto a la altura de la planta, está representada en la Figura 4, donde en la variedad Compuesto Chontaca se obtuvo la altura máxima de la planta con 139,13 cm cultivadas en pH 7,5; seguido de variedad Compuesto Chontaca con 134,67 cm en pH 7,0; mientras que los valores mínimos encontrados se observaron en la variedad Salcedo INIA con 84,87 cm en pH 7,5 y la variedad Negra Collana con 88,47 cm en pH 7,5. Por otro lado, en el Anexo 15, se muestra la comparación de medias de las variedades, realizada por el método de Tukey a un nivel de confianza de 95%, encontrando que el factor pH no tuvo influencia significativa en la altura de la planta.

Datos diferentes fueron encontrados por Caballero et al., (2015), donde detallan que la dosificación de diferentes concentraciones de nitrógeno tuvo influencia en la altura de la quinua de la variedad Jacha grano en las fases de grano pastoso y cosecha, observándose en la concentración de 500 kg/ha<sup>-1</sup> de abono, un mayor desarrollo en la altura de la planta. Mientras que, Delgado et al., (2009), evaluaron 16 genotipos de quinua dulce en Nariño Colombia, logrando obtener quinua con alturas entre 111,23 y 176,65 cm, observándose que la inducción de altas cantidades de nitrógeno en el cultivo estimula el proceso de ramificación, el follaje e incrementa el crecimiento de las plantas, mostrando que existe una

diferencia significativa en cuanto a la altura de los genotipos de quinua evaluadas.

Por otro lado, Aires et al., (2009), obtuvieron promedios de las alturas de quinua en cuatro zonas del Noreste argentino, donde en la Zona de transición el promedio de la altura fue 81,6 cm, en el Altiplano fue 39,5 cm, en los Valles húmedos fue 156,8 cm y en los Valles secos fue 139,4 cm, observándose así que los resultados de los Valles secos poseen promedios similares a los resultados obtenidos en la presente investigación, ya que las condiciones ambientales son muy similares, en comparación con las alturas de plantas de Valles húmedos. Ello brinda fortaleza a lo divulgado por CANNA (2018), donde indica que la altura de la quinua puede estar relacionado con el descenso de la temperatura ocurrido durante la noche ya que muestra un mejor rendimiento de la planta gracias al equilibrio del agua, siendo este el principal requisito para el aumento del crecimiento del tallo. Es por ello que la temperatura es muy importante para regular la altura de la planta, donde se deduce que los descensos que ocurren durante la noche puede significar un ahorro de energía.

### **5.3. Porcentaje de germinación**

En la Figura 5, se puede observar el porcentaje de germinación de la quinua, donde la variedad Negra Collana obtuvo un 100% de germinación en las plantas cultivadas en pH 5,7; un 93% en pH 6,5 y 7,0 y un 87% en pH 7,5; en la variedad Salcedo INIA se obtuvo un 93% de germinación en los pH 5,7 y 6,5 y un 87% en los pH 7,0 y 7,5; en la variedad Compuesto Chontaca se obtuvo un 100% de germinación en pH 5,7 y un 93% en los pH 6,5; 7,0 y 7,5; por último en la variedad Pasankalla se obtuvo un 100% en todos los pH cultivados. También se tiene los resultados de la comparación de medias por el método de Tukey al 95% de nivel de confianza que se encuentran presentados en el Anexo 16, donde expresan que no existe una diferencia significativa entre las medias de las cuatro variedades de quinua, indicando que el pH no tuvo efecto significativo en la germinación de las plantas de quinua. También, se observó que el mayor porcentaje de germinación lo obtuvieron las semillas de la variedad Pasankalla con un 100% de germinación en todos los tratamientos siendo estas las de mayor tamaño y el menor porcentaje de germinación lo obtuvieron las semillas de la variedad Salcedo INIA con un 87% y 93% de germinación siendo estas las de menor tamaño. Resultados similares fueron reportados por Arcaya (2018), donde comparó el porcentaje de germinación de la interacción entre el tamaño y

variedad de las semillas de *Chenopodium quinoa* Willd, variedad Salcedo INIA, Pasankalla y Negra Collana, obteniendo un mayor porcentaje de germinación en la variedad Pasankalla con semillas de tamaño superior, reportando un 96,3% y el menor de los porcentaje de germinación lo obtuvo los granos con menor tamaño de la variedad Salcedo INIA, reportando un 26,3% indicando que el porcentaje de germinación se encuentra influenciado por el tamaño de la semilla cultivada. Así mismo, Pablo & Calle (2005), encontraron una relación entre el tamaño de las semillas con el porcentaje de germinación, encontrando semillas de 2,0 a 2,5 mm con un porcentaje de germinación mayores al 97% y semillas de 1,0 a 1,4 mm con un porcentaje de germinación menor al 94%. Por ello, Hernández & Carballo (1997), recomiendan que las semillas menores al 80% de germinación deben de ser separadas para la siembra.

Por otro lado, Rojas & Camargo (2003), reportan haber obtenido porcentajes de germinación de las semillas de quinua según su coloración, informando un 100% de germinación en semillas blancas, 80% en semillas negras, 97% en semillas rojas, 98% en semillas color café y 97% en semillas anaranjadas.

Mientras que, La Rosa et al., (2017), reportaron valores similares al probar diferentes variedades de *Chenopodium pallidicaule* Aellen “kañiwa” cultivadas en tres diferentes concentraciones de NaCl (0,1 M, 0,3 M y 0,5 M), obteniendo un máximo porcentaje de germinación en la variedad Roja con un 76,3% y un mínimo en la variedad Amarilla con 9,7% cultivadas en una concentración salina de 0,3 M, sin embargo las semillas expuestas a 0,5 M no lograron germinar, concluyendo que la kañiwa puede ser cultivada en suelos con moderada salinidad por su influencia significativa en la germinación.

#### **5.4. Altura de panoja**

En la Figura 6, se puede observar la medida de los valores de altura de panoja de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd cultivados en diferentes pH, encontrando la mayor altura de panoja en la variedad Compuesto Chontaca con 51,20 cm cultivadas en pH 7,5; seguida de la variedad Negra Collana con 46,60 cm en pH 5,7; mientras que los valores mínimos se observaron en la variedad Salcedo INIA con 30,60 cm en pH 7,0 y en la variedad Salcedo INIA con 33,30 cm en pH 5,7. En el Anexo 17, se puede observar la comparación de medias de la altura de panoja por el método de Tukey al 95% de confianza, donde no se observó una diferencia significativa en la altura de panoja de las variedades cultivadas en los diferentes pH, deduciendo que el pH no tuvo efecto

significativo en la altura de panoja de las plantas de quinua. Resultados similares fueron reportados por Aires et al., (2009), al probar el comportamiento agronómico en 3 variedades de *Chenopodium quinoa* “quinua” cultivados en terrenos con condiciones agronómicas diferentes, encontrando en la Zona de transición una altura de panoja de 25 cm, en el Altiplano de 19,9 cm, en Valles húmedos de 30,2 cm y en Valles secos de 38,7 cm. Apaza et al., (2013), mencionan que la variedad Kancolla puede obtener una altura de panoja de 30,2 cm y la variedad INIA431–Altiplano un valor de 33,8 cm. Sin embargo, Barboza (2016), muestra que las variedades de quinua de grano amarillo obtuvieron una altura de panoja que oscila entre 33,86 y 55,86 cm, no encontrando una diferencia significativa en los tratamientos.

### **5.5. Ancho de panoja**

En cuanto a los resultados del ancho de panoja, estos fueron representados en la Figura 7, mostrando que la variedad Salcedo INIA obtuvo el mayor ancho de panoja con 11,87 cm cultivadas en pH 7,0; seguido de la variedad Salcedo INIA con 11,33 cm en pH 6,5; mientras que los valores mínimos encontrados se observaron en la variedad Salcedo INIA con 4,60 cm en pH 5,7 y en la variedad Negra Collana con 4,73 cm en pH 5,7. En el Anexo 18, se obtuvo la comparación de medias por el método de Tukey al 95% de confianza, donde las plantas mostraron que el factor dosis de pH si tuvo efecto significativo en el ancho de panoja de las variedades Negra Collana, Salcedo INIA y Pasankalla, mientras que en la variedad Compuesto Chontaca el pH no influyó significativamente en el ancho de panoja, observándose que el ancho de panoja puede variar de acuerdo a la variedad de quinua utilizada.

Resultados similares fueron presentados por Apaza et al., (2013), donde reportó valores de 6,20 a 7,8 cm obtenidos con la variedad Kancolla y 8,6 cm con la variedad INIA 431–Altiplano. Dichos resultados variaron por múltiples factores climatológicos como la temperatura, horas de luz durante el día y la densidad de plantas cultivadas en cada balde. Por otro lado, Barboza (2016), en una investigación de 36 cultivares de quinua amarilla, encontró un rango del ancho de panoja que varía entre 7,43 y 12,57 cm, no encontrando una diferencia significativa. Sin embargo, Fernández (1986), observó que la variedad Sajama obtuvo un diámetro mayor con 3,24 cm en comparación con el cultivar Kancolla que obtuvo el menor diámetro de panoja con 1,83 cm. Concluyendo que el ancho de panoja depende de las variedades cultivadas y también de las condiciones climáticas.



### **5.6. Diámetro del tallo**

En la Figura 8, se puede observar el resultado del diámetro del tallo de las cuatro variedades de quinua cultivadas en los diferentes pH, mostrando que en la variedad Compuesto Chontaca se obtuvo el diámetro máximo del tallo con 0,76 cm cultivados en pH 7,0; seguido de la variedad Compuesto Chontaca con 0,75 cm en pH 7,5; mientras que los valores mínimos encontrados se observaron en la variedad Pasankalla con 0,51 cm en pH 5,7 y en la variedad Pasankalla con 0,53 cm en pH 7,5 y 7,0. En el Anexo 19, se tiene la comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de confianza del 95%, donde las plantas mostraron que el factor dosis de pH no tuvo efecto significativo en el diámetro del tallo de las variedades Negra Collana, Salcedo INIA y Pasankalla. Sin embargo, el pH si tuvo efecto significativo en el diámetro del tallo de la variedad Compuesto Chontaca en los pH 5,7 y 6,5; concluyendo que en la variedad Compuesto Chontaca puede variar el diámetro del tallo en determinados rangos de pH.

Resultados similares muestran Aires et al., (2009), quienes evaluaron la medida de los tallos de quinua cultivados en cuatro lugares diferentes del Noroeste argentino, encontrando en la Zona de transición un promedio de 5 mm de diámetro del tallo, en el Altiplano un promedio de 3,7 mm, en los valles húmedos un promedio de 6,4 mm y en los valles secos un promedio de 7,4 mm. Cabe resaltar que los resultados obtenidos en la presente investigación se asemejan a los resultados de las variedades sembradas en los valles secos. Mientras que en trabajos como las de Apaza et al., (2013), reportaron valores de la variedad Kancolla con un diámetro de 1,0 a 1,2 cm, mientras que la variedad INIA 431–Altiplano obtuvo un diámetro de 2,1 y 2,5 cm siendo superiores a los resultados obtenidos en la investigación.

### **5.7. Número de hojas**

En la Figura 9, se muestra el número de hojas verdaderas que se encontró a los 54 días de la siembra, obteniendo un mayor número de hojas en la variedad Salcedo INIA con 18 hojas germinadas en pH 5,7; 6,5 y 7,5; seguido de la variedad Pasankalla con 18 hojas en pH 6,5 y 7,5; mientras que el menor número de hojas germinadas se obtuvo en la variedad Compuesto Chontaca con 13 hojas en pH 6,5 y 14 hojas en pH 7,0 y 7,5 de la misma variedad. En el Anexo 20, se observa la comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de confianza del 95%, donde las plantas mostraron que el factor dosis de pH no

tuvo efecto significativo en el número de hojas de la variedad Negra Collana, Salcedo INIA y Compuesto Chontaca, sin embargo, el pH si tuvo efecto significativo en el número de hojas de la variedad Pasankalla.

#### **5.8. Peso de 1000 granos**

En tanto al peso de 1000 granos se encontró una gran diferencia en la variedad Pasankalla, obteniendo un peso elevado en comparación a las otras variedades. El peso de 1000 granos de las cuatro variedades está representada en la Figura 10, mostrando que la variedad Pasankalla obtuvo el mayor peso de 1000 granos con 4,11 g en pH 7,0; seguido de la variedad Pasankalla con 3,95 g en pH 7,5; mientras que los valores mínimos reportados se observaron en la variedad Negra Collana con 2,20 g en pH 5,7 y en la variedad Compuesto Chontaca con 2,49 g en pH 7,5. En el Anexo 21, se observa la comparación de medias por el método de Tukey al 95% de confiabilidad, donde muestra que el factor dosis de pH no tuvo efecto significativo en el peso de 1000 granos en las variedades Salcedo INIA y Compuesto Chontaca. Sin embargo, en las variedades Negra Collana y Pasankalla se observó una variación en el peso de 1000 granos, concluyendo que el pH si tuvo efecto significativo en el peso de 1000 granos de estas variedades. Cabe resaltar que un factor muy importante para la obtención de elevados pesos fue la variedad de cada planta.

Resultados similares obtuvo Chinchay (2017), encontrando en el genotipo Kancolla un promedio máximo de 2,99 g de peso de 1000 granos, superando por poco a los genotipos INIA 431 y Negra de Oruro obteniendo un promedio de 2,69 g y 2,43 g respectivamente. Por otro lado, Apaza et al., (2013), registró en el Altiplano valores superiores, encontrando 2,70 g en el genotipo Kancolla y 3,30 g en INIA 431–Altiplano. Núñez (2012), realizó investigaciones sobre el peso de 1000 granos de cuatro variedades de quinua (Salcedo INIA, Pasankalla, Killahuamán y Blanca Junín) cultivadas en dos épocas de siembra, donde logró demostrar que las condiciones climáticas de las épocas de siembra tuvieron influencia significativa en el peso de las 1000 granos, obteniendo valores máximos de 3,19 g y valores mínimos de 2,66 g. Sin embargo, también se encontró diferencia significativa en el efecto variedad, obteniendo promedios 2,83 g en la variedad Salcedo INIA, 2,76 g en Pasankalla, 3,01 g en Killahuamán y 3,09 g en Blanca de Junín. Concluyendo que, dependiendo de la variedad, el peso de 1000 granos va a alcanzar un mayor o menor valor. Por otra parte, Meza (2010), estudió el peso de 1000 granos de tres variedades de quinua (Real

Boliviana, Q-02367 y Q-21013) que fueron abonadas previamente con Estiércol, Gallinaza y NPK aplicándose 7,5 tn/ha, 900 kg/ha y 80N-80P-30K kg/ha respectivamente, encontrando que el nivel de abonamiento tuvo un efecto significativo en el peso de 1000 granos de las tres variedades de quinua, obteniendo 3,50 g en la aplicación de Estiércol, 3,29 g con Gallinaza y 3,22 g con NPK. Concluyendo que también el origen genético y las condiciones climáticas tienen efecto en el peso de 1000 granos de la quinua.

#### **5.9. Peso de semillas sin cáscara**

En la Figura 11, se muestra los pesos de las semillas de quinua sin cáscara donde se observa que la variedad Pasankalla obtuvo mayor peso de semillas sin cáscara con 11,98 g en pH 7,5; seguido de la variedad Salcedo INIA con 11,57 g en pH 6,5; mientras que el menor peso de semillas sin cáscara lo obtuvo la variedad Salcedo INIA con 7,37 g en pH 7,0; seguido de la variedad Negra Collana con 7,68 g en pH 7,0. En el Anexo 22, se muestra la comparación de medias por el método de Tukey al 95% de confianza, donde las plantas mostraron que el factor dosis de pH no tuvo efecto significativo en el peso de las semillas sin cáscara en las variedades Negra Collana, Compuesto Chontaca y Pasankalla, sin embargo el pH tuvo efecto significativo en el peso de semillas sin cáscara en la variedad Salcedo INIA. Concluyendo que el factor tamaño y cantidad influyó en la determinación del peso de semillas sin cáscara, tanto en la variedad Pasankalla por su elevado tamaño y Salcedo INIA por su elevada cantidad.

## VI. CONCLUSIONES

1. Existió variación proteica en las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. "quinua" cultivadas en diferentes pH, donde se obtuvo un 13,43% de proteína en la variedad Negra Collana en pH 7,5; 13,79% en la variedad Salcedo INIA en pH 7,0; 13,87% en la variedad Compuesto Chontaca en pH 7,0 y 13,97% en Pasankalla cultivadas en pH 7,0.
2. El pH óptimo para obtener mayores concentraciones de proteína de *Chenopodium quinoa* Willd. "quinua", en las variedades Salcedo INIA, Compuesto Chontaca y Pasankalla fue el pH 7,0, mientras que en la variedad Negra Collana fue el pH 7,5.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Para el abonamiento, se recomienda utilizar otros tipos de fertilizantes orgánicos como el Biol para poder obtener granos de quinua de mejor calidad y con mejores propiedades nutritivas.
2. Tener un mejor manejo de plagas dentro del vivero ya que causaría efectos negativos en las investigaciones posteriores.
3. Realizar investigaciones modificando factores bióticos y abióticos en los cultivos, para optimizar la producción y obtener mayor cantidad de proteínas en los cultivos de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” y posteriormente lograr exportar granos de quinua con una excelente cantidad y alto contenido proteico.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abugoch, L. E. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties. In *Advances in Food and Nutrition Research* (1st ed., Vol. 58, Issue 09). Elsevier Inc. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1)
- Abugoch, L. E., Romero, N., Tapia, C. A., Silva, J., & Rivera, M. (2008). Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd) protein isolates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(12), 4745–4750. <https://doi.org/10.1021/jf703689u>
- Aires, B., Ramiro, C. A., Lic, C., & Ing, G. (2009). Caracterización y evaluación del germoplasma nativo de quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) del Noroeste Argentino en base a atributos morfológicos y agronómicos.
- AOAC, (Association of Official Analytical Chemists). (2005). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. (18th ed.).
- Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., & Pinedo, R. E. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. *Instituto Nacional de Innovación Agraria*, 80. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/76#.YWHkAR4IATQ.mendeley>
- AppliChem, P. (2018). Determinación de Nitrógeno por el Método Kjeldahl. *ITW Reagents*, 1–12.
- Arcaya, J. (2018). Determinación de la calidad física y fisiológica de semillas de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* willd) de color. *Tesis*, 85. [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8999/Arcaya\\_Chagua\\_Jhon\\_Alexis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8999/Arcaya_Chagua_Jhon_Alexis.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Augustin, J. M., Kuzina, V., Andersen, S. B., & Bak, S. (2011). Molecular activities, biosynthesis and evolution of triterpenoid saponins. *Phytochemistry*, 72, 435.
- Ayala, F. J. (2013). Desarrollo de estrategias de posicionamiento. Caso: Producto Quinua Development of optimization strategies. Case: Product Quinua. *PERSPECTIVAS*, 32, 39–60. <https://www.redalyc.org/pdf/4259/425941262002.pdf>
- Barboza, C. (2016). *Caracterización y selección de 36 poblaciones de quinua de grano amarillo (Chenopodium quinoa Willd.)*. Canaán 2735 msnm – INIA – Ayacucho. 1–131. [http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2418/TP\\_AGRO\\_00662\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2418/TP_AGRO_00662_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Benton, J. (2003). *Agronomic Handbook Management of Crops, Soils and Their Fertility* (1ra Edición). CRC PRESS. Boca Raton.
- Bernardo, J. A. (2019). Respuesta de una población M3 de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) VAR. Amarilla marangani al mildiu (*Peronospora variabilis*) en la molina [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2131/L02-C389-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bukasov, S. (1981). Las plantas Cultivadas de México, Guatemala y Colombia. In *Plantas Cultivadas De Guate Mexico Ycolobia*. (p. 177).
- Caballero, A., Maceda, W., Miranda, R., & Bosque, H. (2015). Rendimiento y contenido de proteína de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), en cinco fases fenológicas, bajo cuatro niveles de incorporación de estiércol Yield and protein content of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), in five

- phenological stages, under f. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 2(1), 7–118. [http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v2n1/v2n1\\_a09.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v2n1/v2n1_a09.pdf)
- Cai, Z. Q., & Gao, Q. (2020). Comparative physiological and biochemical mechanisms of salt tolerance in five contrasting highland quinoa cultivars. *BMC Plant Biology*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12870-020-2279-8>
- Calzada, J. (1951). *Variedades de quinua recomendadas para los sembríos de la sierra*. Boletín N° 30 MINAG. Lima, Perú.
- Campos, C. S. (2018). Accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ecotipo altiplano en condiciones de costa central [Universidad Nacional Agraria La Molina]. In *Universidad Nacional Agraria La Molina*. [https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/187/3/2017\\_Puicon\\_Evaluacion-resistencia-natural.pdf](https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/187/3/2017_Puicon_Evaluacion-resistencia-natural.pdf)
- CANNA. (2018). *Influencia de la Temperatura Ambiental en las Plantas*. CANNA. [http://www.canna.es/influencia\\_temperatura\\_ambiental\\_en\\_las\\_plantas](http://www.canna.es/influencia_temperatura_ambiental_en_las_plantas)
- Cárdenas, R. G. (2017). *Caracterización molecular de 129 accesiones de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) de la región Puno mediante marcadores microsatélites Para optar el Título Profesional de Biólogo Genetista* (Issue January) [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17664.12801>
- Cervilla, N. S., Mufari, J. R., Calandri, E. L., & Guzmán, C. A. (2014). Pérdidas nutricionales durante la cocción de semillas de *Chenopodium quinoa* Willd bajo presión de vapor. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 34(1), 72–76. <https://revista.nutricion.org/PDF/PERDIDAS-NUTRICIONALES.pdf>
- Chinchay, M. (2017). *Adaptabilidad de tres genotipos del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd) en la provincia de Lamas*. [https://www.researchgate.net/publication/269107473\\_What\\_is\\_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars\\_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625](https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625)
- Churata, J. A. (2019). *Informe por servicios profesionales realizado en el cultivo de quinua en la empresa SURAGROAS E.I.R.L.* [Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/11278/IAchtoja.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ciencias, D. (2000). Presencia de betalaínas en plántulas de *Chenopodium quinoa* Willd. 40(1), 109–113.
- Cornejo, G. (1976). Hojas de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) fuente de proteína. *Convención Internacional de Chenopodiaceas*. 2da. Potosí, Bolivia, 26–29.
- Coronel, J. A. (2018). *Producción de biomasa y determinación del índice de cosecha en genotipos de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la Finca Experimental La María* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo Facultad de Ciencias Pecuarias Carrera de Ingeniería Agropecuaria]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4729/1/T-UTEQ-0241.pdf>
- Covarrubias, N., Sandoval, S., Vera, J., Núñez, C., Alfaro, C., & Lutz, M. (2020). Contenido de humedad, proteínas y minerales en diez variedades de quinua chilena cultivadas en distintas zonas geográficas. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(5), 730–737. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182020000500730>
- Cronquist, A. (1981). *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. In *Columbia University Press*.

- De la Casa, A., Ovando, G., Rodríguez, A., Bressanini, L., & Buffa, E. (2003). Evaluación espacial del nitrógeno disponible del suelo en un cultivo de papa cv. Spunta en Córdoba, Argentina. *Agricultura Técnica*, 63(3). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072003000300010>
- Delgado, A., Palacios, J., & Betancourt, C. (2009). Evaluación de 16 genotipos de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el municipio de Iles, Nañiro (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 27(2), 159–167. <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v27n2/v27n2a04.pdf>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2020). *Centro de Transferencia InfoStat, FCA* (InfoStat versión 2020.). Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar>
- Erquinigo, G. (1970). *Biología floral de la quinua (Chenopodium quinoa Willd.)*. Tesis Ing. Agro. Facultad de Agronomía. Universidad Técnica del Altiplano.
- Espinoza, A., Castillo, X., & Valdivia, R. (2019a). *Instructivo 1: pH y encalado - 4R*. Catholic Relief Services.
- Espinoza, A., Castillo, X., & Valdivia, R. (2019b). *pH y encalado - 4R*. 20.
- Fernández, T. (1986). *Comparativo de Rendimiento de Seis Variedades y dos Líneas de Quinua (Chenopodium quinoa Willd.), en condiciones de Allpachaka a 3600 msnm. Ayacucho*. UNSCH.
- Flores, S. (2017). *Caracterización agronómica y variabilidad genética de progenies de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) procedentes de autofecundaciones S5 de cruas simples cercanas y distantes genéticamente* [Universidad Nacional del Altiplano]. [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7416/Flores\\_Suaña\\_Silvia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7416/Flores_Suaña_Silvia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gallardo, M., González, J. ., & Ponessa, G. (1997). Morfología del fruto y semilla de *Chenopodium quinoa* Willd (quinua). *Chenopodiaceae. Lilloa*, 39(1), 71–80. <http://biblat.unam.mx/pt/revista/lilloa/articulo/morfologia-del-fruto-y-semilla-de-chenopodium-quinoa-willd-quinua-chenopodiaceae>
- Galwey, N. W. (1992). The potential of quinoa as a multi-purpose crop for agricultural diversification: a review. In *Industrial Crops and Products* (Vol. 1, Issues 2–4, pp. 101–106). [https://doi.org/10.1016/0926-6690\(92\)90006-H](https://doi.org/10.1016/0926-6690(92)90006-H)
- García, M. Á., & Plazas, N. Z. (2018). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en los sistemas de producción agraria. *Produccion y Limpia*, 13(1), 112–119. <https://doi.org/10.22507/pml.v13n1a6>
- Gómez, L., & Aguilar, E. (2016). Guía de cultivo de la quinua. In *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Universidad Nacional Agraria La Molina* (2nd ed.). [www.fao.org/publications/es](http://www.fao.org/publications/es)
- Gomez, L. R., & Eguiluz, A. L. (2011). *Catálogo del Banco de germoplasma de quinua (Chenopodium quinoa Willd)*.
- Gutierrez, F. J., & Roque, D. (2018). *Adaptación y rendimiento de ocho variedades de quinua (Chenopodium quinoa W.) en condiciones de YANAHUANCA-PASCO* [Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?EbscoContent=dGJyMNLe80Sep7Q4y9f3OLCmr1Gep7JSsKy4Sa6WxWXS&ContentCustomer=dGJyMPGptk%2B3rLJNuePfgeyx43zx1%2B6B&T=P&P=AN&S=R&D=buh&K=134748798%0Ahttp://amg.um.dk/~media/amg/Documents/PoliciesandStrategies/S>
- Hernández, A., & Carballo, A. (1997). Pruebas de germinación y vigor en semillas de maíz de diferentes áreas de adaptación. *Agrociencia*.



- <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/1508>
- INIA. (2015). Labores culturales en el cultivo de la quinua. [https://www.youtube.com/watch?v=l1VWYkj\\_Fwo&ab\\_channel=IniaPeru](https://www.youtube.com/watch?v=l1VWYkj_Fwo&ab_channel=IniaPeru)
- Jancurová, M., Minarovičová, L., & Dandár, A. (2009). Quinoa - A review. In *Czech Journal of Food Sciences* (Vol. 27, Issue 2, pp. 71–79). Czech Academy of Agricultural Sciences. <https://doi.org/10.17221/32/2008-cjfs>
- Jara, P. (2004). *Productor de quinua de la IV región de Chile*.
- Julón, W. (2016). *Resultados de dos sistemas de cultivo en el rendimiento, calidad y rentabilidad de quinua (Chenopodium quinoa Willd) en costa central* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. [https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/187/3/2017\\_Puicon\\_Evaluacion-resistencia-natural.pdf](https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/187/3/2017_Puicon_Evaluacion-resistencia-natural.pdf)
- Kluepfel, M., & Lippert, B. (2012). *Cambiando el pH del suelo*. Clemson Cooperative Extension Home & Garden Information Center. <https://hgic.clemson.edu/factsheet/cambiando-el-ph-del-suelo/>
- Ku, P. (2019). “Análisis de las tendencias del consumo de la quinua y exportación al mercado de los Estados Unidos” [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11823/Ku\\_sp.pdf?sequence=1](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11823/Ku_sp.pdf?sequence=1)
- La Rosa, R., Anaya, E., Flores, Z., Bejarano, M., Brito, L., & Pérez, E. (2017). Germination of *Chenopodium Pallidicaule* Aellen “Kañiwa” Under Different Conditions of Salinity and Temperature. *The Biologist*, 14(1), 5–10. <http://revistas.unfv.edu.pe/index.php/rtb/article/view/80/87>
- Ledet, J. F. (2002). “Déficit hídrico y crecimiento de las plantas: Respuestas al déficit hídrico. Comportamiento morfofisiológico.” International Potato Center.
- Lescano, J. L. (1994). Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos: quinua, kañihua, tarwi, kiwicha, papa amarga, olluco, mashua y oca. *Programa Interinstitucional de Waru Waru. Convenio INADE/PELT - COTESU*, 459.
- Lescano, & M., T. (1990). Resistencia de la quinua a la sequía y otros factores abióticos adversos y su mejoramiento. *I Curso Internacional sobre Fisiología de la Resistencia a Sequía en Quinoa*, 25–38.
- Martínez, A., & Martínez de Victoria, E. (2018). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*, 21(2), 1–14.
- Meza, V. E. (2010). *Efecto del abonamiento orgánico y sintético en tres cultivares de quinua (Chenopodium quinoa Willd.). Canaán 2735 msnm*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Miguel, J. (2011). *Concentración de proteínas de Chenopodium quinoa Willd “quinua” cultivadas en Huamachuco y Chenopodium quinoa Willd Var. real “quinua real” importada de Bolivia* [Universidad Nacional de Trujillo]. [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4521/MiguelOtiniano%2C Juli Elizabeth.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4521/MiguelOtiniano%2C%20Juli%20Elizabeth.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Molina, K. E. (2018). *Influencia del pH en la extracción de aislado proteico de quinua (Chenopodium quinoa willd) de la variedad Blanca de Juli y Pasankalla*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Mujica, A. (1988). *Parámetros genéticos e índices de selección en quinua*. Colegio de Postgraduados, Centro de Genética. Montecillos.
- Mujica, A. (1992). Granos y leguminosas andinas. *Cultivos Marginados: Otra Perspectiva*, 1492, 129-146.
- Mujica, A., Aguilar, J., & Jacobsen, S.-E. (1999). *Resúmenes de Investigaciones en Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) de la Universidad Nacional del Altiplano*. Proyecto Quinoa CIP-DANIDA Universidad Nacional Agraria, La

- Molina (UNALM) PROINPA INIAP, Ecuador Universidad Real de Agricultura y Veterinaria (KVL) Copenhagen, Dinamarca Centro Internacional de la Papa (CIP) Universidad Nacional del Altiplano (UNAP). <http://www.condesan.org/publicacion/Libro08/home8.htm>
- Mujica, A., & Jacobsen, S.-E. (2006). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, 449–457. [http://www.beisa.dk/Publications/BEISA\\_Book\\_pdf/Capitulo\\_27.pdf](http://www.beisa.dk/Publications/BEISA_Book_pdf/Capitulo_27.pdf)
- Mujica, A., Jacobsen, S., Izquierdo, J., & Marathe, J. P. (2001). Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro. *Agronomía del Cultivo de la Quinua*. FAO.
- Muñoz, A. M. (2013). Editorial "Año Internacional de la Quinua". *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 79(1).
- Núñez, C. (2012). *Fenología de cuatro variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd.)*. Canaán 2735 msnm. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Osorio, N. W. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo Integral Del Suelo y Nutrición Vegetal*, 1(4), 1–4. <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>
- Pablo, J., & Calle, R. (2005). *El papel del tamaño de semilla de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en el crecimiento y desarrollo de las plantas frente a diferentes profundidades de siembra*. 130.
- Peiretti, P. G., Gai, F., & Tassone, S. (2013). Fatty acid profile and nutritive value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds and plants at different growth stages. *Animal Feed Science and Technology*, 183(1–2), 56–61. <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2013.04.012>
- Peralta, E. (1985). La quinua, un gran alimento y su utilización. *Técnico de La Sección Química-Cultivos Andinos*, 175, 1–23.
- Ponce de León, P., & Valdez, J. (2021). Nutritional and functional evaluation of 17 quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) accessions cultivated in the Andean area of Peru. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 15–23. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2021.002>
- Rea, J. (1969). Biología floral de la quinua (*Chenopodium quinoa*). *Turrialba*, 19(1), 91–96.
- Rojas, A. C. (2021). *Caracterización Fenotípica de 402 Accesiones de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en condiciones de la Molina-Lima* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2131/L02-C389-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas, W. (1998). *Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) de Bolivia, mediante métodos multivariados*. Universidad Austral de Chile.
- Rojas, W., & Camargo, A. (2003). *Establecimiento de un método de reducción del contenido de la humedad del grano de la quinua, Informe Anual 2002/2003*. Proyecto IPGRI-IFAD. Fundación PROINPA.
- Rojas, W., Soto, J., Pinto, M., Jäger, M., & Padulosi, S. (2010). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. In *Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia*.
- Rojas, W., Vargas, A., & Pinto, M. (2016). La diversidad genética de la quinua: potenciales usos en el mejoramiento y agroindustria. *Revista de Investigación e Iovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 3(2),

114–124.

[http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/riiarn/v3n2/v3n2\\_a01.pdf](http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/riiarn/v3n2/v3n2_a01.pdf)

Sadzawka, A., & Campillo, R. (1993). Problemática de la acidez de los suelos de la IX Región: I. Génesis y características del proceso. *Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca*, 12(3), 3–7.

Schulte Auf'm Erley, G., Kaul, H. P., Kruse, M., & Aufhammer, W. (2005). Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. *European Journal of Agronomy*, 22(1), 95–100. <https://doi.org/10.1016/J.EJA.2003.11.002>

Sepúlveda, J., Thomet, M., Palazuelos, P., & Mujica, A. (2004). *La Kinwa Mapuche: Recuperación de un cultivo para la alimentación*.

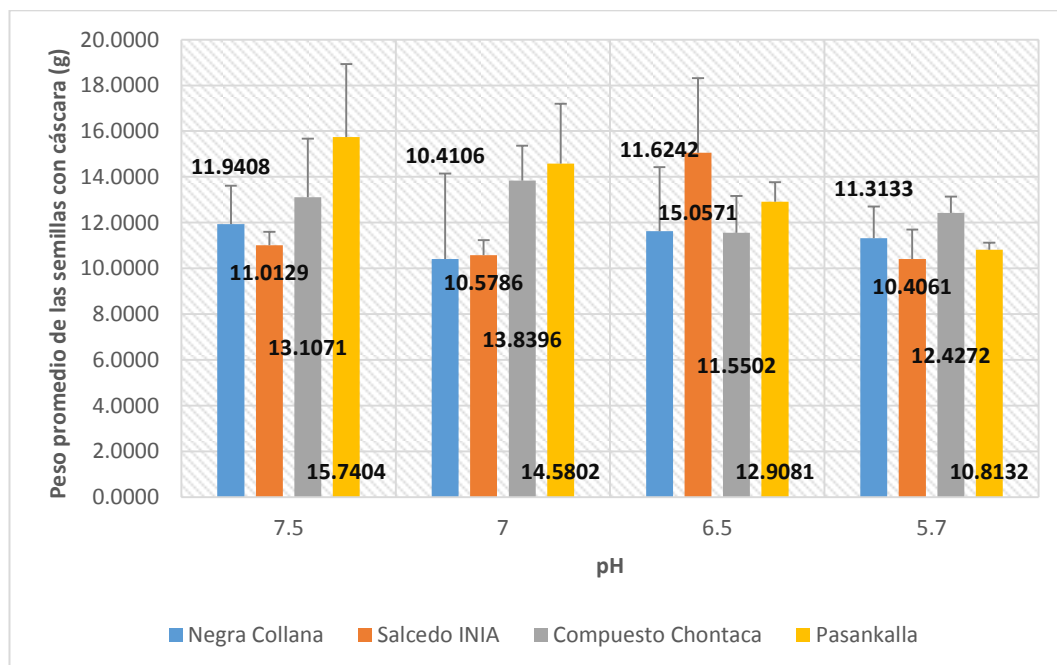
Sundarrajan, L. (2014). Effect of extrusion cooking on the nutritional properties of amaranth, quinoa, kañiwa and lupine. *Food Sciences (Food Bioprocessing)*, 98.

Zea, C. (2011). *Determinación biológica de la calidad proteica en harina de quinua extruída de la variedad Negra Collana* [Universidad Nacional del Altiplano-Puno].

[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3367/Zea\\_Zea\\_Cecilia.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3367/Zea_Zea_Cecilia.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Peso de las semillas de quinua con cáscara de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” (media  $\pm$  SD) en relación al pH cultivado, a los 131 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021.



**Anexo 2.** Análisis de varianza de la concentración de proteínas totales de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”, en relación al pH cultivado. Ayacucho – 2021.

| Variedad                      | Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-------------------------------|--------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| <b>NEGRA COLLANA</b>          | pH     | 3  | 16,684    | 5,5612    | 13,13   | 0,002   |
|                               | Error  | 8  | 3,388     | 0,4235    |         |         |
|                               | Total  | 11 | 20,072    |           |         |         |
| <b>SALCEDO INIA</b>           | pH     | 3  | 11,29     | 3,762     | 1,37    | 0,321   |
|                               | Error  | 8  | 22,04     | 2,755     |         |         |
|                               | Total  | 11 | 33,33     |           |         |         |
| <b>COMPUESTO<br/>CHONTACA</b> | pH     | 3  | 1,75      | 0,5832    | 0,17    | 0,911   |
|                               | Error  | 8  | 26,839    | 3,3549    |         |         |
|                               | Total  | 11 | 28,589    |           |         |         |
| <b>PASANKALLA</b>             | pH     | 3  | 6,748     | 2,2492    | 3,63    | 0,064   |
|                               | Error  | 8  | 4,964     | 0,6205    |         |         |
|                               | Total  | 11 | 11,711    |           |         |         |

GL: Grados de libertad  
SC: Suma de cuadrados  
MC: Media de cuadrados

**Anexo 3.** Análisis de varianza del tamaño de la planta de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”, en relación al pH cultivado. Ayacucho – 2021.

| Variedad                      | Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-------------------------------|--------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| <b>NEGRA COLLANA</b>          | pH     | 3  | 59,69     | 19,9      | 0,62    | 0,623   |
|                               | Error  | 8  | 257,97    | 32,25     |         |         |
|                               | Total  | 11 | 317,67    |           |         |         |
| <b>SALCEDO INIA</b>           | pH     | 3  | 178,2     | 59,39     | 3,07    | 0,091   |
|                               | Error  | 8  | 155       | 19,37     |         |         |
|                               | Total  | 11 | 333,1     |           |         |         |
| <b>COMPUESTO<br/>CHONTACA</b> | pH     | 3  | 200,3     | 66,78     | 1,4     | 0,313   |
|                               | Error  | 8  | 382,5     | 47,81     |         |         |
|                               | Total  | 11 | 582,8     |           |         |         |
| <b>PASANKALLA</b>             | pH     | 3  | 130,4     | 43,45     | 1,31    | 0,336   |
|                               | Error  | 8  | 264,6     | 33,07     |         |         |
|                               | Total  | 11 | 394,9     |           |         |         |

GL: Grados de libertad  
SC: Suma de cuadrados  
MC: Media de cuadrados

**Anexo 4.** Análisis de varianza de la germinación de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”, en relación al pH cultivado. Ayacucho – 2021.

| Variedad                      | Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-------------------------------|--------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| <b>NEGRA COLLANA</b>          | pH     | 3  | 4,917     | 1,6389    | 2,19    | 0,168   |
|                               | Error  | 8  | 6         | 0,75      |         |         |
|                               | Total  | 11 | 10,917    |           |         |         |
| <b>SALCEDO INIA</b>           | pH     | 3  | 5,667     | 1,889     | 1,13    | 0,392   |
|                               | Error  | 8  | 13,333    | 1,667     |         |         |
|                               | Total  | 11 | 19        |           |         |         |
| <b>COMPUESTO<br/>CHONTACA</b> | pH     | 3  | 1,667     | 0,5556    | 0,56    | 0,659   |
|                               | Error  | 8  | 8         | 1         |         |         |
|                               | Total  | 11 | 9,667     |           |         |         |
| <b>PASANKALLA</b>             | pH     | 3  | 0,25      | 0,08333   | 1       | 0,441   |
|                               | Error  | 8  | 0,6667    | 0,08333   |         |         |
|                               | Total  | 11 | 0,9167    |           |         |         |

GL: Grados de libertad  
SC: Suma de cuadrados  
MC: Media de cuadrados



**Anexo 5.** Análisis de varianza de la altura de panoja de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”, en relación al pH cultivado. Ayacucho – 2021.

| Variedad                      | Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-------------------------------|--------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| <b>NEGRA COLLANA</b>          | pH     | 3  | 59,69     | 19,9      | 0,62    | 0,623   |
|                               | Error  | 8  | 257,97    | 32,25     |         |         |
|                               | Total  | 11 | 317,67    |           |         |         |
| <b>SALCEDO INIA</b>           | pH     | 3  | 178,2     | 59,39     | 3,07    | 0,091   |
|                               | Error  | 8  | 155       | 19,37     |         |         |
|                               | Total  | 11 | 333,1     |           |         |         |
| <b>COMPUESTO<br/>CHONTACA</b> | pH     | 3  | 200,3     | 66,78     | 1,4     | 0,313   |
|                               | Error  | 8  | 382,5     | 47,81     |         |         |
|                               | Total  | 11 | 582,8     |           |         |         |
| <b>PASANKALLA</b>             | pH     | 3  | 130,4     | 43,45     | 1,31    | 0,336   |
|                               | Error  | 8  | 264,6     | 33,07     |         |         |
|                               | Total  | 11 | 394,9     |           |         |         |

GL: Grados de libertad  
SC: Suma de cuadrados  
MC: Media de cuadrados

**Anexo 6.** Análisis de varianza del ancho de panoja de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”, en relación al pH cultivado. Ayacucho – 2021.

| Variedad                      | Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-------------------------------|--------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| <b>NEGRA COLLANA</b>          | pH     | 3  | 18,063    | 6,0211    | 11,88   | 0,003   |
|                               | Error  | 8  | 4,053     | 0,5067    |         |         |
|                               | Total  | 11 | 22,117    |           |         |         |
| <b>SALCEDO INIA</b>           | pH     | 3  | 99,43     | 33,142    | 4,9     | 0,032   |
|                               | Error  | 8  | 54,08     | 6,76      |         |         |
|                               | Total  | 11 | 153,51    |           |         |         |
| <b>COMPUESTO<br/>CHONTACA</b> | pH     | 3  | 85,52     | 28,51     | 2,73    | 0,114   |
|                               | Error  | 8  | 83,47     | 10,43     |         |         |
|                               | Total  | 11 | 168,99    |           |         |         |
| <b>PASANKALLA</b>             | pH     | 3  | 40,86     | 13,621    | 3,88    | 0,055   |
|                               | Error  | 8  | 28,05     | 3,507     |         |         |
|                               | Total  | 11 | 68,92     |           |         |         |

GL: Grados de libertad  
SC: Suma de cuadrados  
MC: Media de cuadrados

**Anexo 7.** Análisis de varianza del diámetro del tallo de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”, en relación al pH cultivado. Ayacucho – 2021.

| Variedad                      | Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-------------------------------|--------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| <b>NEGRA COLLANA</b>          | pH     | 3  | 0,0152    | 0,005067  | 0,42    | 0,743   |
|                               | Error  | 8  | 0,09627   | 0,012033  |         |         |
|                               | Total  | 11 | 0,11147   |           |         |         |
| <b>SALCEDO INIA</b>           | pH     | 3  | 0,02893   | 0,009644  | 2,31    | 0,152   |
|                               | Error  | 8  | 0,03333   | 0,004167  |         |         |
|                               | Total  | 11 | 0,06227   |           |         |         |
| <b>COMPUESTO<br/>CHONTACA</b> | pH     | 3  | 0,0377    | 0,012567  | 6,5     | 0,015   |
|                               | Error  | 8  | 0,01547   | 0,001933  |         |         |
|                               | Total  | 11 | 0,05317   |           |         |         |
| <b>PASANKALLA</b>             | pH     | 3  | 0,001967  | 0,000656  | 0,16    | 0,918   |
|                               | Error  | 8  | 0,032     | 0,004     |         |         |
|                               | Total  | 11 | 0,033967  |           |         |         |

GL: Grados de libertad  
SC: Suma de cuadrados  
MC: Media de cuadrados

**Anexo 8.** Análisis de varianza del número de hojas de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”, en relación al pH cultivado. Ayacucho – 2021.

| Variedad                      | Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-------------------------------|--------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| <b>NEGRA COLLANA</b>          | pH     | 3  | 6,917     | 2,306     | 1,98    | 0,196   |
|                               | Error  | 8  | 9,333     | 1,167     |         |         |
|                               | Total  | 11 | 16,25     |           |         |         |
| <b>SALCEDO INIA</b>           | pH     | 3  | 5,583     | 1,861     | 1,72    | 0,24    |
|                               | Error  | 8  | 8,667     | 1,083     |         |         |
|                               | Total  | 11 | 14,25     |           |         |         |
| <b>COMPUESTO<br/>CHONTACA</b> | pH     | 3  | 3         | 1         | 1,71    | 0,241   |
|                               | Error  | 8  | 4,667     | 0,5833    |         |         |
|                               | Total  | 11 | 7,667     |           |         |         |
| <b>PASANKALLA</b>             | pH     | 3  | 2,917     | 0,9722    | 3,89    | 0,055   |
|                               | Error  | 8  | 2         | 0,25      |         |         |
|                               | Total  | 11 | 4,917     |           |         |         |

GL: Grados de libertad  
SC: Suma de cuadrados  
MC: Media de cuadrados

**Anexo 9.** Análisis de varianza del peso de 1000 granos de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”, en relación al pH cultivado. Ayacucho – 2021.

| Variedad                      | Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-------------------------------|--------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| <b>NEGRA COLLANA</b>          | pH     | 3  | 0,2624    | 0,08747   | 6,26    | 0,017   |
|                               | Error  | 8  | 0,1119    | 0,01398   |         |         |
|                               | Total  | 11 | 0,3743    |           |         |         |
| <b>SALCEDO INIA</b>           | pH     | 3  | 0,03796   | 0,01265   | 0,29    | 0,832   |
|                               | Error  | 8  | 0,34954   | 0,04369   |         |         |
|                               | Total  | 11 | 0,3875    |           |         |         |
| <b>COMPUESTO<br/>CHONTACA</b> | pH     | 3  | 0,07395   | 0,02465   | 0,74    | 0,559   |
|                               | Error  | 8  | 0,26757   | 0,03345   |         |         |
|                               | Total  | 11 | 0,34152   |           |         |         |
| <b>PASANKALLA</b>             | pH     | 3  | 0,4039    | 0,13464   | 4,83    | 0,033   |
|                               | Error  | 8  | 0,223     | 0,02788   |         |         |
|                               | Total  | 11 | 0,6269    |           |         |         |

GL: Grados de libertad  
SC: Suma de cuadrados  
MC: Media de cuadrados

**Anexo 10.** Análisis de varianza del peso de las semillas sin cáscara de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”, en relación al pH cultivado. Ayacucho – 2021.

| Variedad                      | Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-------------------------------|--------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| <b>NEGRA COLLANA</b>          | pH     | 3  | 2,861     | 0,9536    | 0,22    | 0,881   |
|                               | Error  | 8  | 34,854    | 4,3568    |         |         |
|                               | Total  | 11 | 37,715    |           |         |         |
| <b>SALCEDO INIA</b>           | pH     | 3  | 32,2      | 10,735    | 5,6     | 0,023   |
|                               | Error  | 8  | 15,34     | 1,917     |         |         |
|                               | Total  | 11 | 47,54     |           |         |         |
| <b>COMPUESTO<br/>CHONTACA</b> | pH     | 3  | 3,396     | 1,132     | 0,5     | 0,695   |
|                               | Error  | 8  | 18,234    | 2,279     |         |         |
|                               | Total  | 11 | 21,63     |           |         |         |
| <b>PASANKALLA</b>             | pH     | 3  | 21,6      | 7,2       | 2,74    | 0,113   |
|                               | Error  | 8  | 21,04     | 2,63      |         |         |
|                               | Total  | 11 | 42,64     |           |         |         |

**Anexo 11.** Comparación de medias de la concentración de proteínas de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”, variedad Negra Collana en relación al pH cultivado, utilizando el método de Tukey con un nivel de confianza del 95%. Ayacucho – 2021.

| pH  | N | Media  | Agrupación |
|-----|---|--------|------------|
| 7,5 | 3 | 13,428 | A          |
| 7   | 3 | 13,038 | A          |
| 6,5 | 3 | 12,295 | A          |
| 5,7 | 3 | 10,365 | B          |

**Anexo 12.** Comparación de medias de la concentración de proteínas de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”, variedad Salcedo INIA en relación al pH cultivado, utilizando el método de Tukey con un nivel de confianza del 95%. Ayacucho – 2021.

| pH  | N | Media  | Agrupación |
|-----|---|--------|------------|
| 7   | 3 | 13,793 | A          |
| 6,5 | 3 | 12,542 | A          |
| 7,5 | 3 | 12,043 | A          |
| 5,7 | 3 | 11,11  | A          |

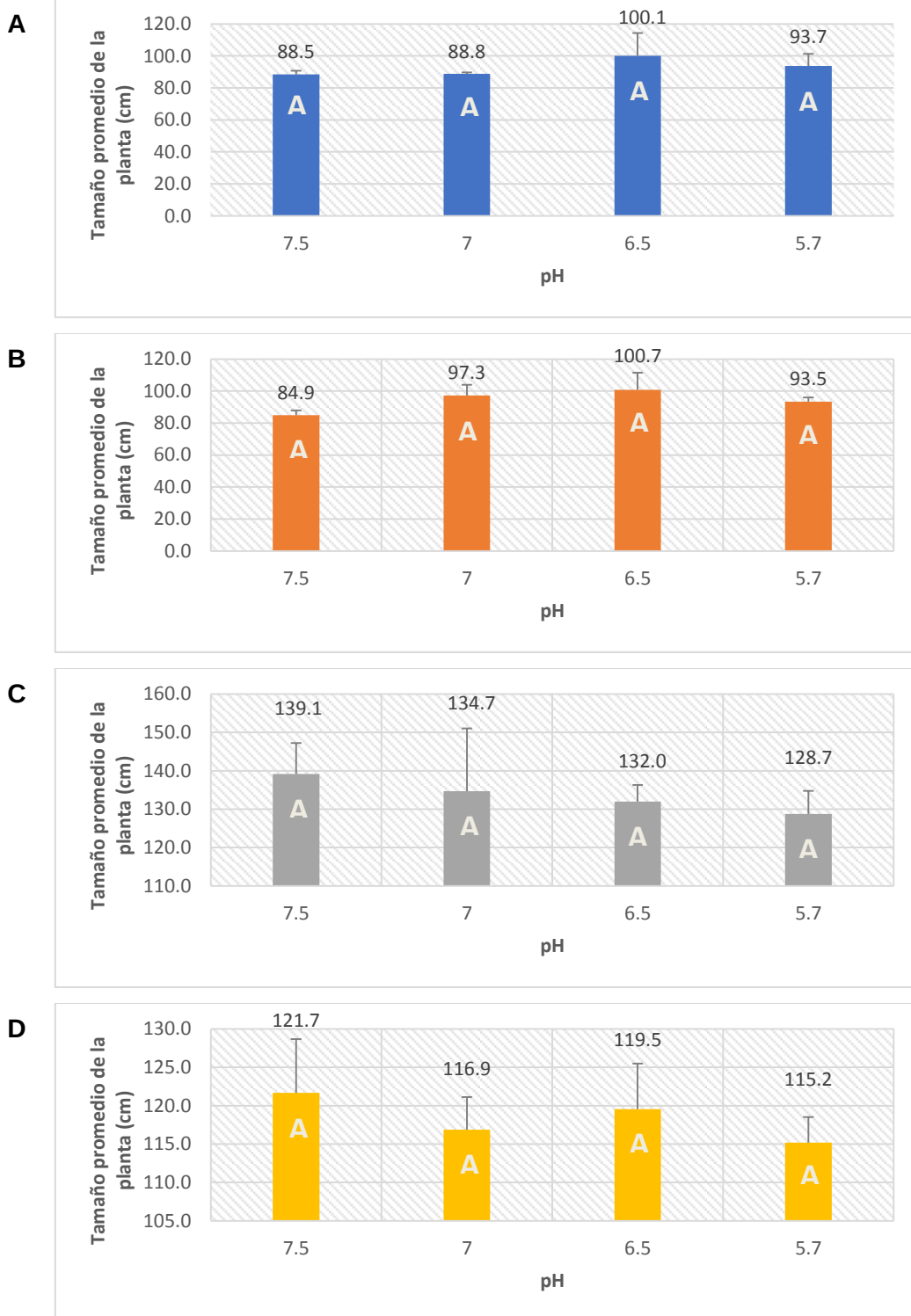
**Anexo 13.** Comparación de medias de la concentración de proteínas de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”, variedad Compuesto Chontaca en relación al pH cultivado, utilizando el método de Tukey con un nivel de confianza del 95%. Ayacucho – 2021.

| pH  | N | Media  | Agrupación |
|-----|---|--------|------------|
| 7   | 3 | 13,865 | A          |
| 6,5 | 3 | 13,692 | A          |
| 5,7 | 3 | 13,21  | A          |
| 7,5 | 3 | 12,902 | A          |

**Anexo 14.** Comparación de medias de la concentración de proteínas de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”, variedad Pasankalla en relación al pH cultivado, utilizando el método de Tukey con un nivel de confianza del 95%. Ayacucho – 2021.

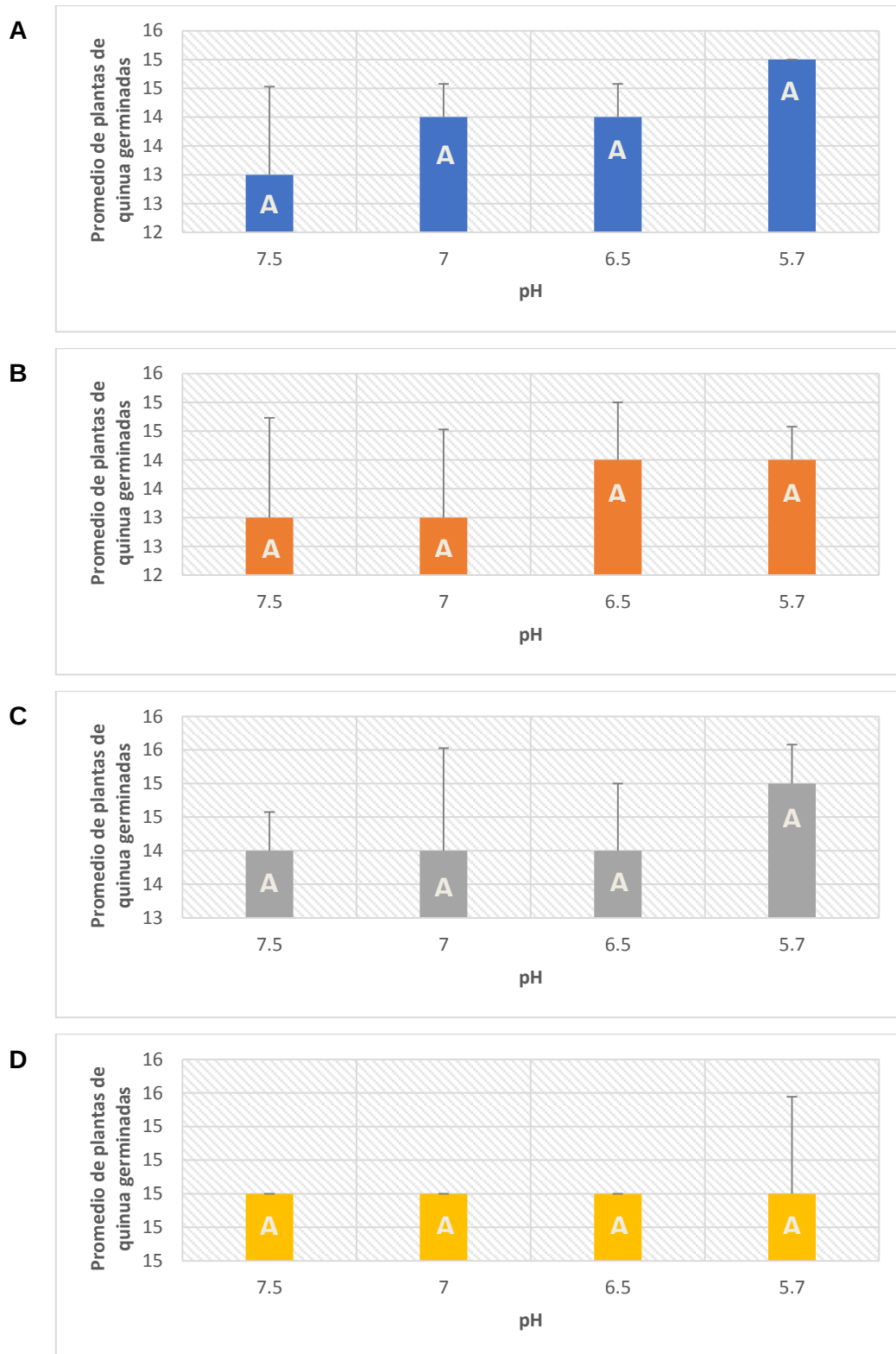
| pH  | N | Media  | Agrupación |
|-----|---|--------|------------|
| 7   | 3 | 13,967 | A          |
| 7,5 | 3 | 13,808 | A          |
| 6,5 | 3 | 13,123 | A          |
| 5,7 | 3 | 12,063 | A          |

**Anexo 15.** Comparación de medias del tamaño de las plantas de las cuatro variedades de quinua (media  $\pm$  SD) *Chenopodium quinoa* Willd (A: Negra Collana, B: Salcedo INIA, C: Compuesto Chontaca y D: Pasankalla analizadas respectivamente) en relación al pH cultivado, a los 91 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021.

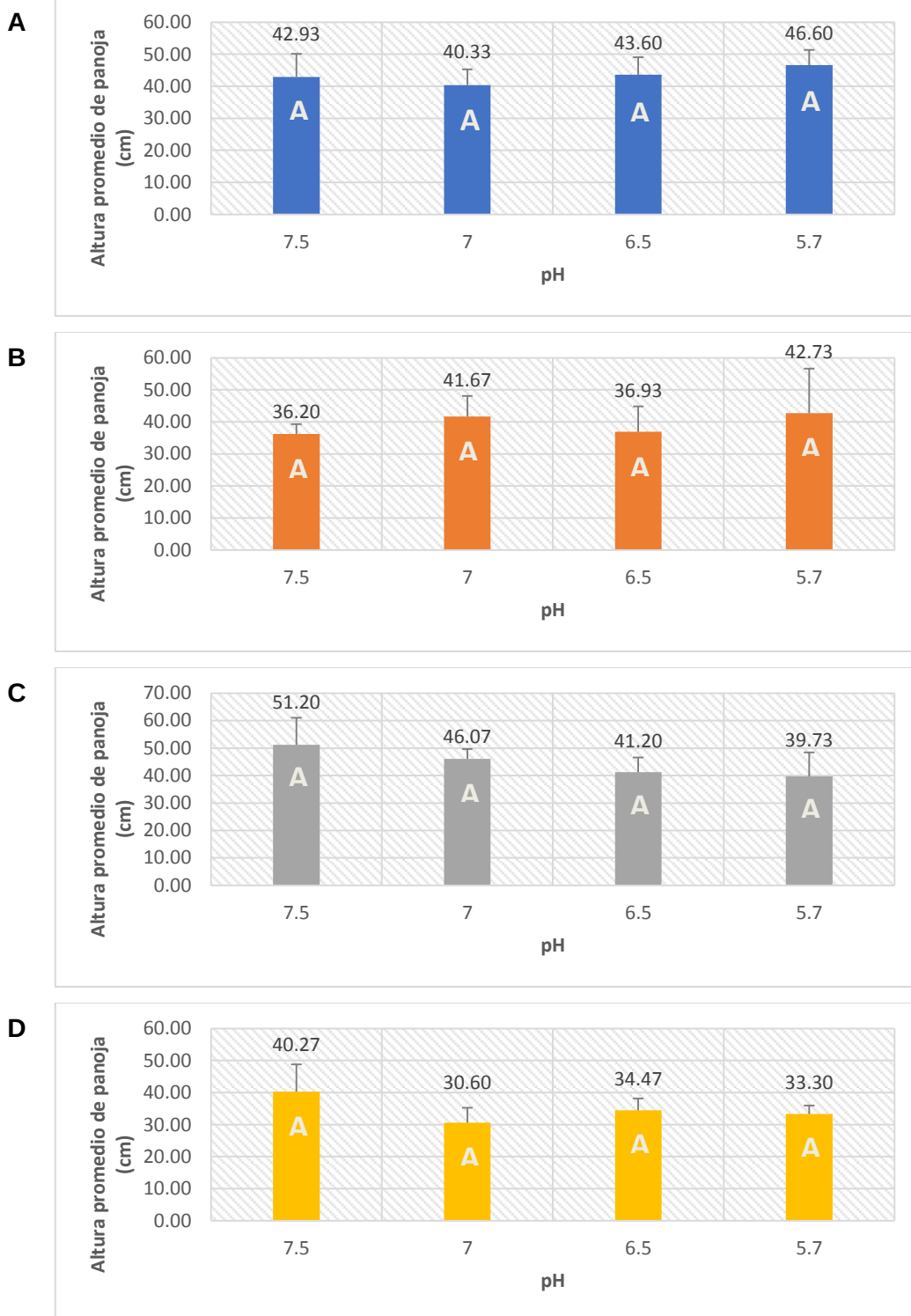




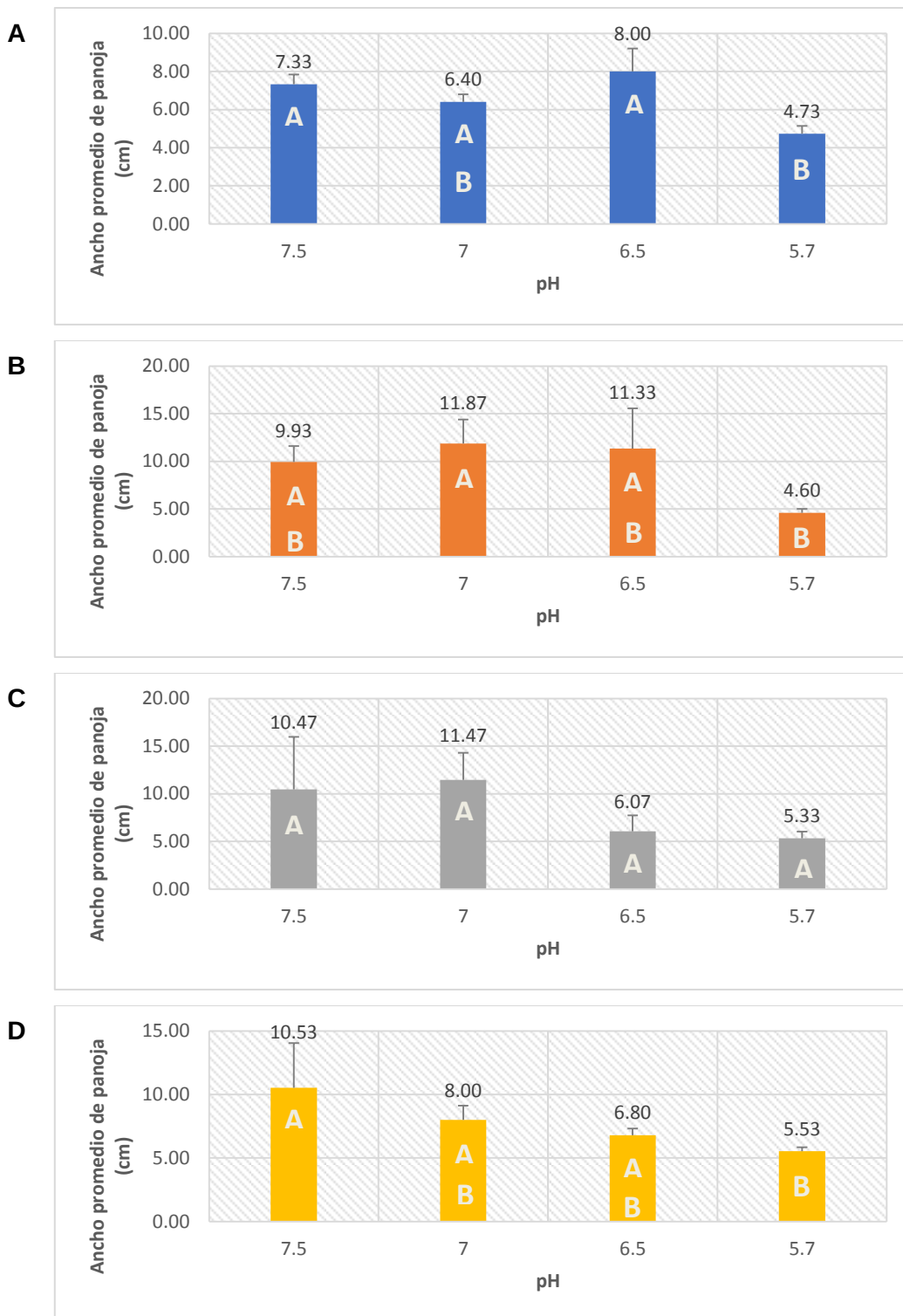
**Anexo 16.** Comparación de medias de la germinación de las cuatro variedades de quinua (media  $\pm$  SD) *Chenopodium quinoa* Willd (A: Negra Collana, B: Salcedo INIA, C: Compuesto Chontaca y D: Pasankalla analizadas respectivamente) en relación al pH cultivado, a los 7 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021.



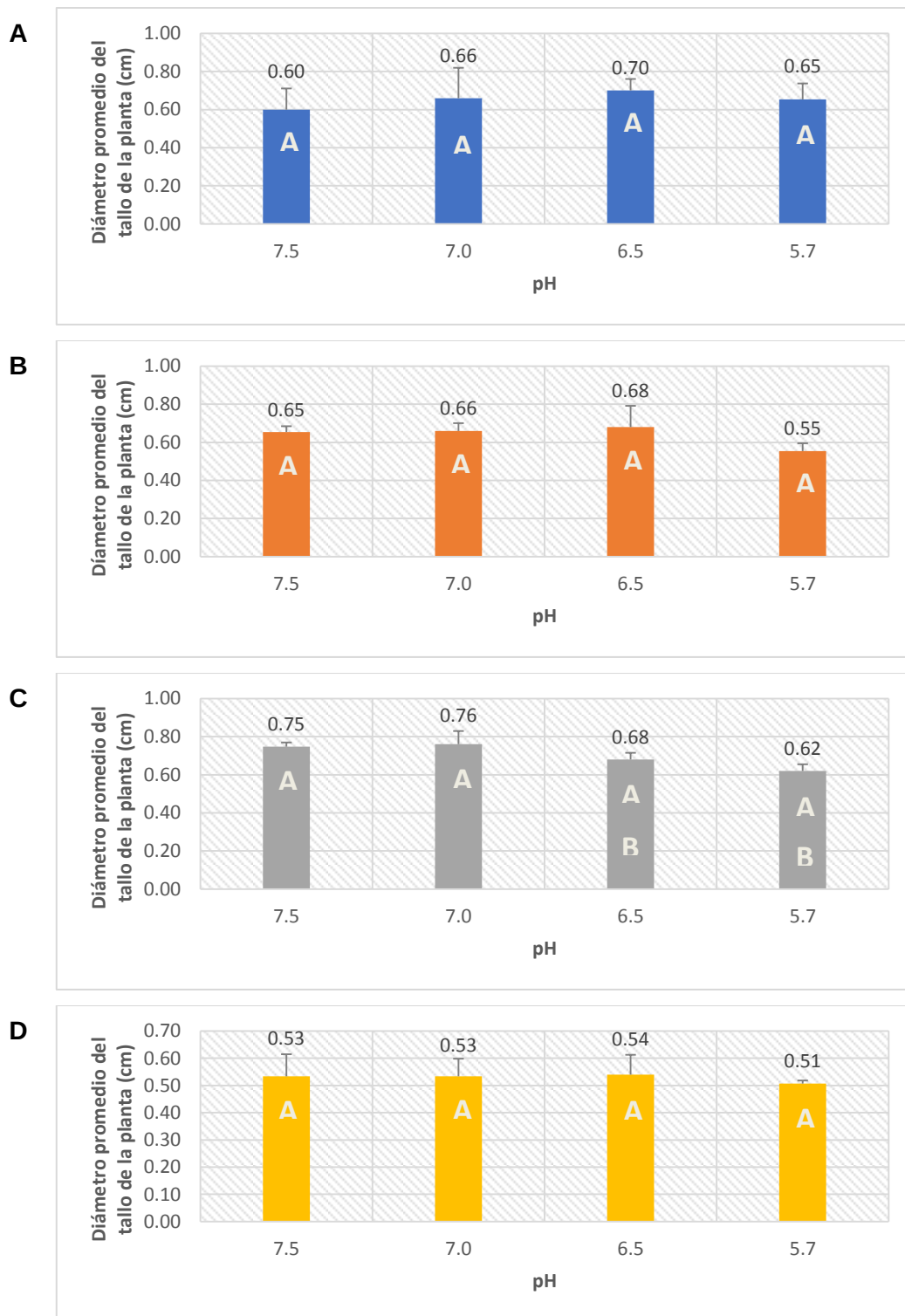
**Anexo 17.** Comparación de medias de la altura de panoja de las cuatro variedades de quinua (media  $\pm$  SD) *Chenopodium quinoa* Willd (A: Negra Collana, B: Salcedo INIA, C: Compuesto Chontaca y D: Pasankalla analizadas respectivamente) en relación al pH cultivado, a los 124 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021.



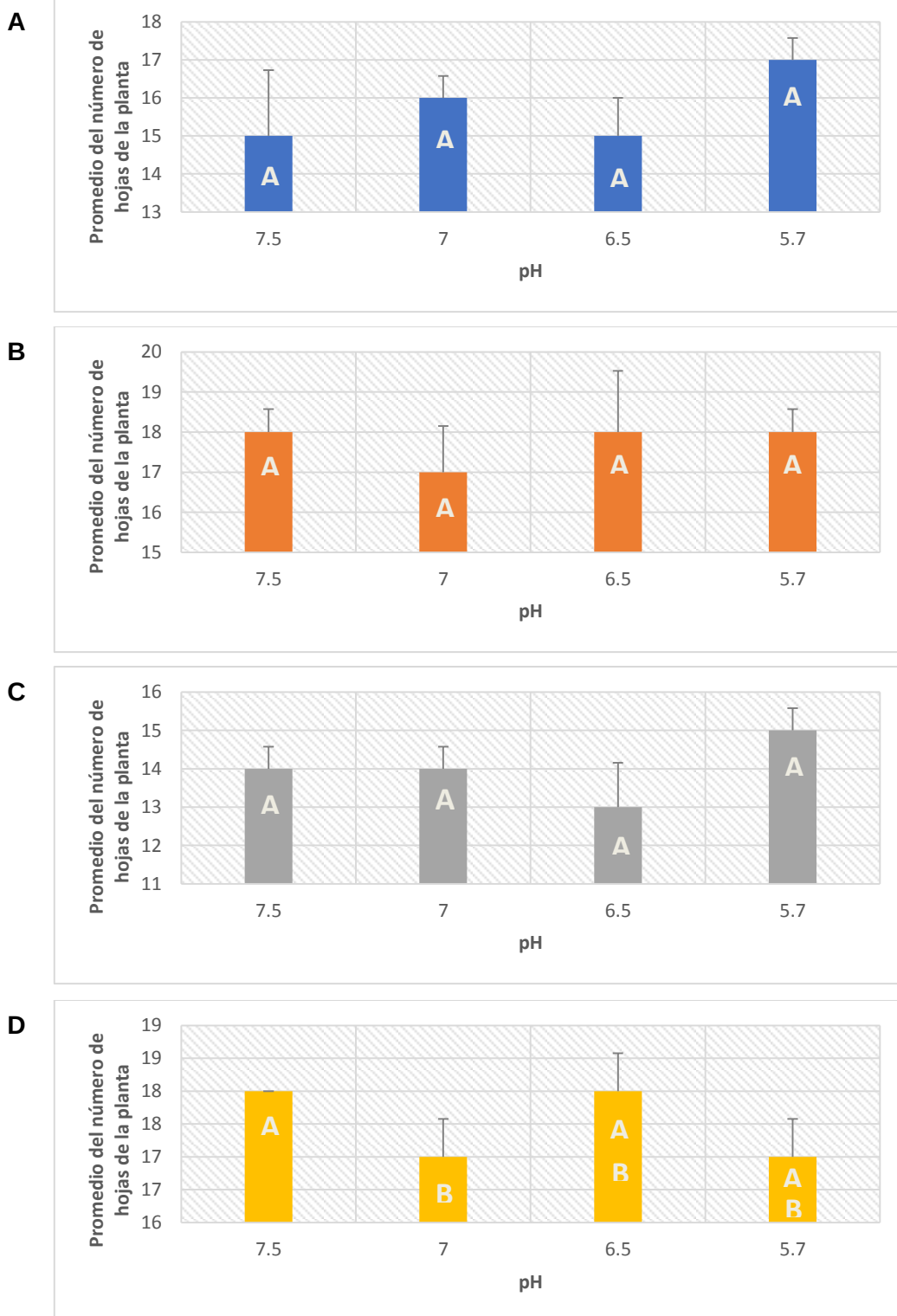
**Anexo 18.** Comparación de medias del ancho de panoja de las cuatro variedades de quinua (media  $\pm$  SD) *Chenopodium quinoa* Willd (A: Negra Collana, B: Salcedo INIA, C: Compuesto Chontaca y D: Pasankalla analizadas respectivamente) en relación al pH cultivado, a los 124 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021.



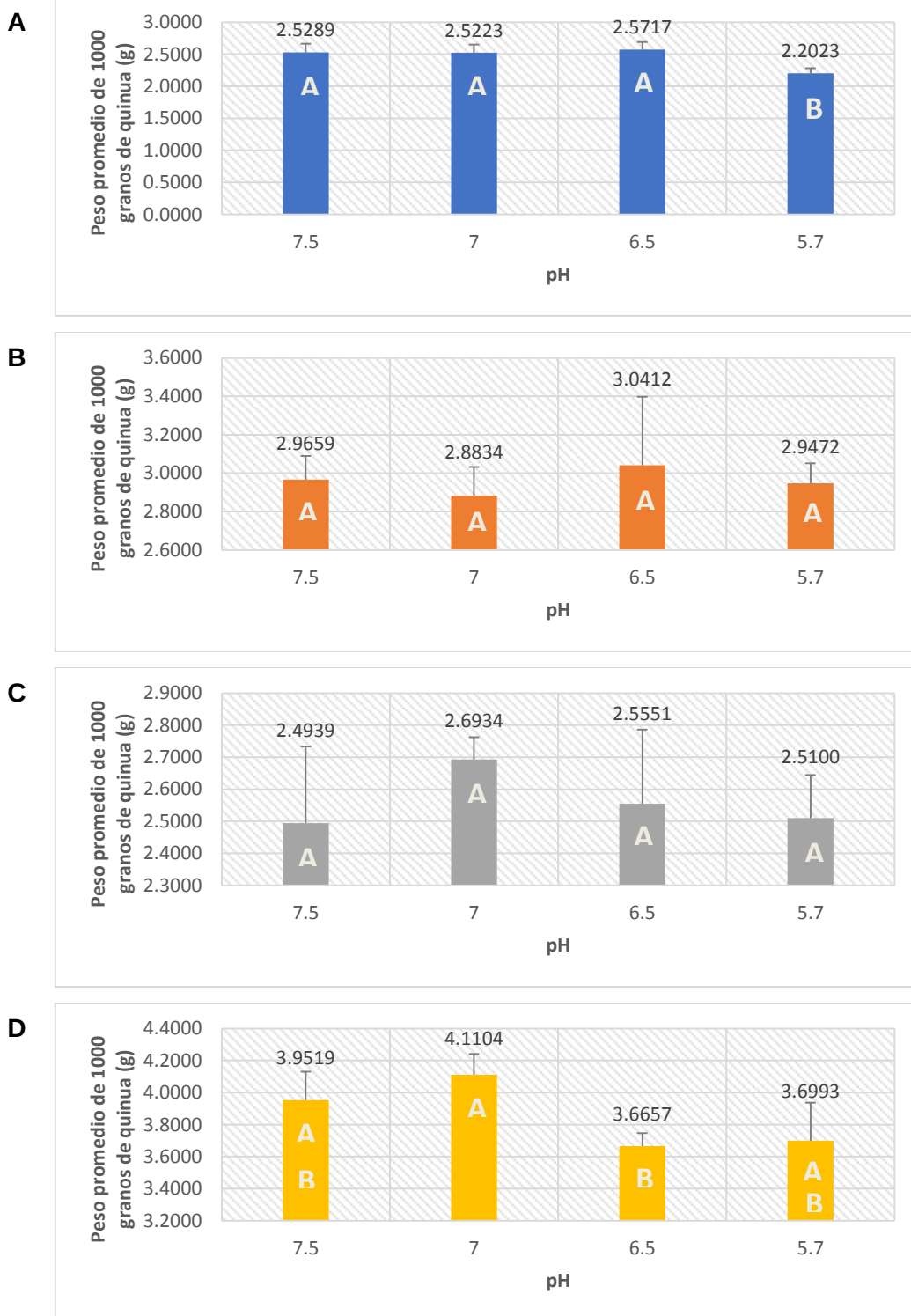
**Anexo 19.** Comparación de medias del diámetro del tallo de la planta de las cuatro variedades de quinua (media  $\pm$  SD) *Chenopodium quinoa* Willd (A: Negra Collana, B: Salcedo INIA, C: Compuesto Chontaca y D: Pasankalla analizadas respectivamente) en relación al pH cultivado, a los 124 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021.



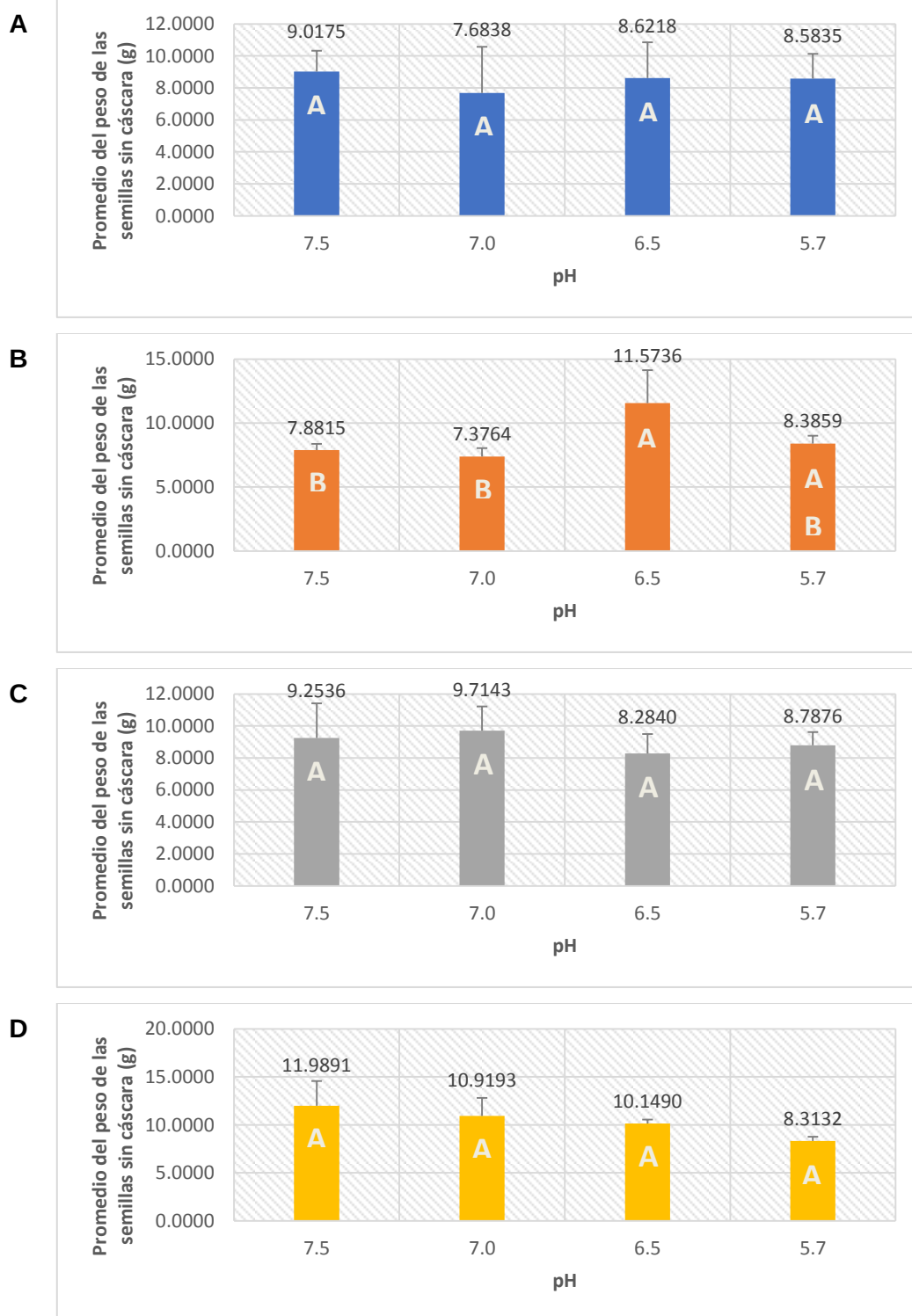
**Anexo 20.** Comparación de medias del número de hojas de las cuatro variedades de quinua (media  $\pm$  SD) *Chenopodium quinoa* Willd (A: Negra Collana, B: Salcedo INIA, C: Compuesto Chontaca y D: Pasankalla analizadas respectivamente) en relación al pH cultivado, a los 54 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021.



**Anexo 21.** Comparación de medias del peso de 1000 granos de las cuatro variedades de quinua (media  $\pm$  SD) *Chenopodium quinoa* Willd (A: Negra Collana, B: Salcedo INIA, C: Compuesto Chontaca y D: Pasankalla analizadas respectivamente) en relación al pH cultivado, a los 131 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021.



**Anexo 22.** Comparación de medias del peso de las semillas de quinua sin cáscara de las cuatro variedades de quinua (media  $\pm$  SD) *Chenopodium quinoa* Willd (A: Negra Collana, B: Salcedo INIA, C: Compuesto Chontaca y D: Pasankalla analizadas respectivamente) en relación al pH cultivado, a los 131 días de la siembra. Ayacucho, noviembre del 2021.



**Anexo 23.** Protocolo de determinación del pH inicial de los 12 sectores de tierra elegidos al azar, en el laboratorio de suelos de la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA – Ayacucho, en el mes de junio del 2020.

| Número de Sector | Peso del suelo (g) | Volumen del agua (ml) | Tiempo de agitación (min) | Tiempo de reposo (min) | Promedio del pH inicial |
|------------------|--------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|
| Sector 1         | 20                 | 20                    | 20                        | 5                      | 5,337                   |
| Sector 2         | 20                 | 20                    | 20                        | 5                      | 5,330                   |
| Sector 3         | 20                 | 20                    | 20                        | 5                      | 5,448                   |
| Sector 4         | 20                 | 20                    | 20                        | 5                      | 5,402                   |
| Sector 5         | 20                 | 20                    | 20                        | 5                      | 5,403                   |
| Sector 6         | 20                 | 20                    | 20                        | 5                      | 5,393                   |
| Sector 7         | 20                 | 20                    | 20                        | 5                      | 5,360                   |
| Sector 8         | 20                 | 20                    | 20                        | 5                      | 5,376                   |
| Sector 9         | 20                 | 20                    | 20                        | 5                      | 5,414                   |
| Sector 10        | 20                 | 20                    | 20                        | 5                      | 5,382                   |
| Sector 11        | 20                 | 20                    | 20                        | 5                      | 5,422                   |
| Sector 12        | 20                 | 20                    | 20                        | 5                      | 5,453                   |

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 24.** Dosis de abonamiento (NPK) requeridos para una hectárea de sustrato.

| Nombre del elemento | Dosis requerido para 1 hectárea de sustrato (kg/ha) |
|---------------------|-----------------------------------------------------|
| Nitrógeno (N)       | 80                                                  |
| Fósforo (P)         | 80                                                  |
| Potasio (K)         | 40                                                  |

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 25.** Cantidad de NPK presentes en los compuestos (Urea, Fosfato diamónico y cloruro de potasio) para el abonamiento de una hectárea de sustrato.

| Nombre del compuesto | Nitrógeno (kg/ha) | Fósforo (kg/ha) | Potasio (kg/ha) |
|----------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Urea                 | 46                | 00              | 00              |
| Fosfato diamónico    | 18                | 46              | 00              |
| Cloruro de potasio   | 00                | 00              | 60              |

Fuente: Elaboración propia.



**Anexo 26.** Cálculo del nivel de abonamiento para una hectárea de sustrato en la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA – Ayacucho, noviembre del 2021. (Elaboración propia).

|                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>FOSFATO DIAMÓNICO (FDA)</b></p> <p>100kg FDA → 46kg P</p> <p>X → 80 kg P</p> <p>X = 173.9kg FDA</p><br><p>100kg FDA → 18kg N</p> <p>173,9kg FDA → X</p> <p>X = 31,30kg N</p> <p>Luego: 80kg N – 31,30kg N = 48,7kg N</p> | <p><b>CLORURO DE POTASIO (KCl)</b></p> <p>100kg KCl → 60kg K</p> <p>X → 40kg K</p><br><p>X = 66,67kg KCl</p> |
| <p><b>UREA</b></p> <p>100kg Urea → 46kg N</p> <p>X → 48,7kg N</p> <p>X = 105kg Urea</p> <p><b>UREA (para siembra)</b></p> <p>100kg Urea → 46kg N</p> <p>X → 8,7kg N</p> <p>X = 18kg Urea</p>                                   | <p><b>UREA (para aporque)</b></p> <p>100kg Urea → 46kg N</p> <p>X → 40kg N</p><br><p>X = 86,95kg Urea</p>    |

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 27.** Cálculo del nivel de abonamiento para 19 kilos de sustrato en la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA – Ayacucho, en el mes de noviembre del 2021. (Elaboración propia).

|                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>FOSFATO DIAMÓNICO (FDA)</b></p> <p>2400000kg suelo → 173,9kg FDA</p> <p>19kg suelo → X</p> <p>X = 0,0013767083kg FDA</p> <p>X = 1,3767083g FDA por balde</p> | <p><b>CLORURO DE POTASIO (KCl)</b></p> <p>2400000kg suelo → 60kg K</p> <p>19kg suelo → X</p> <p>X = 0,0005278042kg KCl</p> <p>X = 0,5278042g KCl por balde</p> |
| <p><b>UREA (para siembra)</b></p> <p>2400000kg suelo → 18kg Urea</p> <p>19kg suelo → X</p> <p>X = 0,0001425kg Urea</p> <p>X = 0,1425g Urea por balde</p>           | <p><b>UREA (para aporque)</b></p> <p>2400000kg Urea → 86,95kg N</p> <p>19kg suelo → X</p> <p>X = 0,0006883542kg Urea</p> <p>X = 0,6883542g Urea por balde</p>  |

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 28.** Estado fenológico de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” en relación al pH cultivado. Ayacucho, noviembre del 2020.

| Día | Fecha      | Fenología del cultivo   |                         |                         |                         |
|-----|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|     |            | Negra Collana           | Salcedo INIA            | Compuesto Chontaca      | Pasankalla              |
| 7   | 29/07/2020 | Hojas cotiledóneas      | Hojas cotiledóneas      | Hojas cotiledóneas      | Hojas cotiledóneas      |
| 14  | 5/08/2020  | Dos hojas verdaderas    | Dos hojas verdaderas    | Dos hojas verdaderas    | Dos hojas verdaderas    |
| 21  | 12/08/2020 | Cuatro hojas verdaderas | Cuatro hojas verdaderas | Cuatro hojas verdaderas | Cuatro hojas verdaderas |
| 28  | 19/08/2020 | Cuatro hojas verdaderas | Cuatro hojas verdaderas | Cuatro hojas verdaderas | Cuatro hojas verdaderas |
| 35  | 26/08/2020 | Seis hojas verdaderas   | Seis hojas verdaderas   | Cuatro hojas verdaderas | Seis hojas verdaderas   |
| 40  | 41/08/2020 | Ramificación            | Seis hojas verdaderas   | Seis hojas verdaderas   | Ramificación            |
| 42  | 2/09/2020  | Inicio de panojamiento  | Ramificación            | Ramificación            | Inicio de panojamiento  |
| 47  | 7/09/2020  | Inicio de panojamiento  | Ramificación            | Ramificación            | Inicio de panojamiento  |
| 49  | 9/09/2020  | Inicio de panojamiento  | Inicio de panojamiento  | Ramificación            | Inicio de panojamiento  |
| 54  | 14/09/2020 | Panojamiento            | Panojamiento            | Inicio de panojamiento  | Panojamiento            |
| 56  | 16/09/2020 | Inicio de floración     | Panojamiento            | Panojamiento            | Panojamiento            |
| 63  | 23/09/2020 | Inicio de floración     | Inicio de floración     | Panojamiento            | Inicio de floración     |
| 70  | 30/09/2020 | Plena floración         | Plena floración         | Inicio de floración     | Inicio de floración     |
| 77  | 7/10/2020  | Grano lechoso           | Grano lechoso           | Plena floración         | Grano lechoso           |
| 84  | 14/10/2020 | Grano lechoso           | Grano lechoso           | Plena floración         | Grano lechoso           |
| 91  | 21/10/2020 | Grano lechoso           | Grano lechoso           | Grano lechoso           | Grano lechoso           |
| 111 | 10/11/2020 | Grano pastoso           | Grano pastoso           | Grano lechoso           | Grano pastoso           |
| 118 | 17/11/2020 | Grano pastoso           | Grano pastoso           | Grano pastoso           | Grano pastoso           |

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 29.** Análisis proteico de las cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” realizado por terceros.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION**  
**LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS**

“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

**INFORME DE ENSAYO LENA N° 0808/2021**

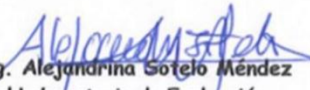
CLIENTE : KEVIN MICHAEL CUYA LOPEZ  
NOMBRE DEL PRODUCTO : 48 muestras  
(Denominación responsabilidad del cliente)  
MUESTRA : PROPORCIONADA POR EL CLIENTE  
IDENTIFICACION : AQ21-0808/01-48

**Métodos utilizados:**

a.- Proteína total: AOAC (2005), 984.13

Atentamente,

La Molina, 19 de Noviembre del 2021

  
Ing. Alejandrina Sotelo Méndez  
Jefe del Laboratorio de Evaluación  
Nutricional de Alimentos



**Anexo 30.** Preparación, tamizado y abonamiento de la tierra realizado en la Estación Experimental Agraria Canaán-INIA-Ayacucho. (A: Homogenización de la tierra, B: Preparación de baldes para la siembra, C: Urea, Fosfato diamónico, Cloruro de potasio y D: Siembra de semillas de quinua).



**A**



**B**



**C**



**D**

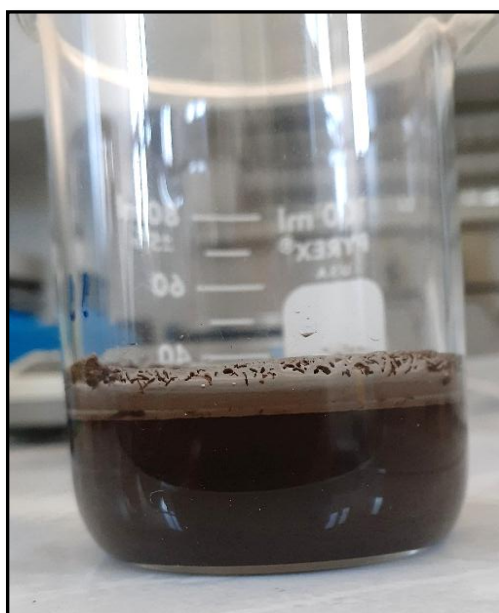
**Anexo 31.** Cálculo del pH de la tierra realizado en el laboratorio de suelos de la Estación Experimental Agraria Canaán-INIA-Ayacucho. (A: Peso de la tierra, B: Mezcla de tierra con agitador magnético, C: Formación de capa transparente y D: Medición del pH de tierra).



**A**



**B**



**C**



**D**



**Anexo 32.** Etapa final de las cuatro variedades de quinua cultivadas en la Estación Experimental Agraria Canaán-INIA-Ayacucho.



**Negra Collana**



**Salcedo INIA**



**Compuesto Chontaca**



**Pasankalla**

### Anexo 33. Matriz de consistencia

**TÍTULO:** Variación proteica de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua” cultivadas a diferentes pH en condiciones de vivero.

**AUTOR:** CUYA LÓPEZ, Kevin Michael

**ASESOR:** GARCÍA GODOS ALCÁZAR, Paula

| PROBLEMA                                                                                                                                                                                                                                                                               | OBJETIVOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | MARCO TEÓRICO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | HIPÓTESIS                                                                                                     | VARIABLES E INDICADORES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | METODOLOGÍA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ¿Existe variación proteica de las 4 variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd “quinua” cultivadas en diferentes pH en condiciones de vivero en las instalaciones de la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA – Ayacucho, entre los meses de julio del 2020 – enero del 2021? | <p><b>Objetivo general</b></p> <p>Evaluar la variación proteica de las 4 variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd “quinua” cultivadas a diferentes niveles de pH.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Determinar el pH óptimo para obtener mejores concentraciones de proteínas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd “quinua”.</li> <li>2. Determinar la concentración proteica de las diferentes variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd “quinua”.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Antecedentes</li> <li>2. Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd)</li> <li>3. Distribución geográfica</li> <li>4. Clasificación taxonómica</li> <li>5. Morfología de la quinoa</li> <li>6. Fenología de la quinoa</li> <li>7. Requerimientos del cultivo</li> <li>8. Saponina en quinoa</li> <li>9. Importancia</li> <li>10. pH</li> <li>11. Proteínas</li> <li>12. Método Micro Kjeldahl</li> </ol> | Los diferentes pH, si causa variación proteica en las variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd “quinua”. | <p><b>VARIABLES</b></p> <p><b>1. Variable independiente</b></p> <p>Concentración de pH presente en el suelo.</p> <p><b>Indicadores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Niveles de pH</li> <li>- Variedades de quinoa.</li> </ul> <p><b>2. Variable dependiente</b></p> <p>Concentraciones de proteínas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.</p> <p><b>Indicadores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gramos de proteína por 100 gramos de muestra (% de proteína)</li> </ul> | <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Aplicada</p> <p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Experimental</p> <p><b>POBLACIÓN</b></p> <p>Semillas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd “quinua” del departamento de Ayacucho.</p> <p><b>TAMAÑO DE LA MUESTRA</b></p> <p>Cuatro variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd “quinua” adquiridas del banco de germoplasma de la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA – Ayacucho.</p> <p><b>TÉCNICAS</b></p> <p>Transformación de los pH requeridos de los sustratos.</p> <p>Cultivo de las cuatro variedades de quinoa.</p> <p>Extracción de proteínas por el método Micro Kjeldahl.</p> <p><b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b></p> <p>Se empleará la prueba de ANOVA (<math>\alpha=0,05</math>) y en caso de encontrar significancia (<math>p&lt;0,05</math>) se procederá a realizar la comparación de medias mediante la prueba de Tukey con la finalidad de encontrar todas las diferencias.</p> |