

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, CONTENIDO PROTEICO Y HIERRO
EN EL PROCESO DE GERMINADO Y SECADO DE LA
CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)”**

Esther Nilda Nina Ayque

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Asesor: Dra. Sc. Elizabeth Huanatico Suarez

Co-asesor: M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo



Juliaca, 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, CONTENIDO PROTEICO Y HIERRO
EN EL PROCESO DE GERMINADO Y SECADO DE LA
CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* A.ellen)”**

Esther Nilda Nina Ayque

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Asesor: Dra. Sc. Elizabeth Huanatico Suarez

Co-asesor: M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo



Juliaca, 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



“CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, CONTENIDO PROTEICO Y HIERRO
EN EL PROCESO DE GERMINADO Y SECADO DE LA
CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)”

Esther Nilda Nina Ayque

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Asesor: Dra.Sc. Elizabeth Huanatico Suarez

Co-asesor: M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo

Juliaca, 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Nina, E. (2021). Capacidad antioxidante, contenido proteico y hierro en el proceso de germinado y secado de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). (Tesis de Ingeniería). Universidad Nacional de Juliaca, Juliaca.

AUTOR: Esther Nilda Nina Ayque

TÍTULO: Capacidad antioxidante, contenido proteico y hierro en el proceso de germinado y secado de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen).

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2021

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (165 pp)

NOTA: Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias--Universidad Nacional de Juliaca.

CÓDIGO: 03-00006-03/N59

NOTA: Incluye bibliografía.

ASESOR: Dra. Sc. Elizabeth Huanatico Suarez

CO-ASESOR: M. Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo

PALABRAS CLAVES:

Antioxidante, cañihua, hierro, proteína, germinado, secado.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

“CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, CONTENIDO PROTEICO Y HIERRO EN
EL PROCESO DE GERMINADO Y SECADO DE LA
CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentada por:

Esther Nilda Nina Ayque

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:



M. Sc. Julio Rumualdo Gallegos Ramos
PRESIDENTE DE JURADO



Mg. Tania Jakeline Choque Rivera
SEGUNDO MIEMBRO



Dr. Sc. Ruben Wilfredo Jilapa Humpiri
TERCER MIEMBRO



Dra. Sc. Elizabeth Huanatico Suarez
ASESOR DE TESIS



M. Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo
CO-ASESOR DE TESIS

DEDICATORIA

La presente tesis, la dedico a Dios por la sabiduría y la enseñanza por guiarme en el camino para alcanzar mis metas y objetivos. Gracias a ello, he logrado culminar mi carrera. A mis amados padres Vito y Santusa, por los valores que me inculcaron en todo momento, por su amor y comprensión; porque fueron quienes me enseñaron a afrontar las adversidades, a ser fuerte cada día y por su apoyo ilimitado.

A mis hermanos Lucila, Ruth, Daniel y amistades que lograron que este trabajo se haga realidad.

Esther Nilda Nina Ayque

AGRADECIMIENTO

A Dios gracias por darme la sabiduría y la enseñanza por guiar en el camino correcto.

A la universidad Nacional de Juliaca por la estadía en las aulas, alma mater de mi profesión y a mi querida escuela profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

A mis asesores de tesis al Dra. Sc. Elizabeth Huanatico Suarez por impartirme sus conocimientos y al M. Sc. Jhony Adaliht Arisaca Parillo por su valiosa asesoría y apoyo incondicional en esta tesis.

Agradezco especialmente a mis queridos padres Vito, Santusa y hermanos Lucila, Ruth y Daniel, quienes siempre estuvieron en todas las actividades que desarrollé con su infinito apoyo.

A la Universidad Nacional del Altiplano y Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, por darme facilidades en las diferentes pruebas y análisis en especial al laboratorio de Cromatografía y Espectrometría de la Facultad de Ciencias Químicas.

A mis jurados M. Sc. Julio Rumualdo Gallegos Ramos, Mg. Tania Jakeline Choque Rivera y Dr. Sc. Ruben Wilfredo Jilapa Humpiri, quienes aportaron con sus conocimientos y su valiosa orientación.

A mis grandes amigas Lourdes, Rocío y a todos los que estuvieron motivándome y apoyándome moralmente durante todo el proceso de la realización de la tesis.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	xx

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.....	4
2.2. CAÑIHUA.....	7
2.2.1. Aspectos generales.....	7
2.2.2. Nombres Comunes.....	7
2.2.3. Clasificación taxonómica.....	8
2.2.4. Cultivo de cañihua.....	8
2.2.5. Características del grano.....	9

2.2.6. Producción nacional de cañihua	10
2.2.7. Producción regional de cañihua.....	10
2.3. VARIEDADES DE CAÑIHUA	11
2.3.1. Variedad Cupi.....	12
2.3.2. Variedad Ramis	13
2.3.3. Variedad Illpa INIA 406.....	13
2.4. PRINCIPALES ECOTIPOS DE CAÑIHUA	14
2.5. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL DE LA CAÑIHUA	14
2.5.1. Proteínas	16
2.5.2. Carbohidratos.....	18
2.5.3. Lípidos	19
2.5.4. Minerales	19
2.5.5. Fibra.....	20
2.6. GERMINACIÓN	21
2.6.1. Aspectos generales.....	21
2.6.2. Fases de germinación.....	22
2.7. CONDICIONES PARA UNA GERMINACIÓN ÓPTIMA	23
2.8. FACTORES EXTERNOS EN EL PROCESO DEL GERMINADO	23
2.8.1. Efecto de agua.....	23
2.8.2. Efecto de humedad	24
2.8.3. EFECTO DE LA TEMPERATURA	26
2.9. RANGO DE TEMPERATURAS DE GERMINACIÓN.....	27
2.9.1. Temperatura mínima	27
2.9.2. Temperatura máxima	27
2.9.3. Temperatura óptima.....	27
2.9.4. Oxígeno.....	29
2.9.5. Iluminación	29

2.10. IMPORTANCIA Y BENEFICIO DE LOS GERMINADOS.....	30
2.11. PROTEÍNAS EN GERMINADOS.....	30
2.11.1. Clasificación de las proteínas según su solubilidad.....	32
2.12. HIERRO EN GERMINADOS.....	32
2.13. LOS ANTIOXIDANTES.....	33
2.14. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	33
2.15. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN GERMINADOS.....	34
2.16. IMPORTANCIA Y BENEFICIOS DE LOS ANTIOXIDANTES.....	35
2.17. SECADO.....	35
2.17.1. Secado de alimento.....	36
2.18. SECADO GERMINADO.....	36

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	37
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	37
3.3. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS.....	37
3.3.1. Materiales y equipos para el germinado y secado de la cañihua.....	37
3.4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	40
3.4.1. Diseño de la investigación.....	40
3.5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	41
3.5.1. Caracterización de la materia prima.....	41
3.5.2. Diagrama de flujo para el germinado de cañihua.....	42
3.5.3. Caracterización física.....	43
3.6. GERMINACIÓN DE CAÑIHUA DOS VARIEDADES CUPI Y RAMIS.....	44
3.7. MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	44
3.8. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	44
3.8.1. Método DPPH – Método de Brand Williams.....	44
3.8.2. Preparación de la curva de calibración.....	45

3.8.3. Determinación de absorbancias en germinados de cañihua cupi y ramis.....	46
3.9. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO PROTEICO.....	46
3.10. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HIERRO	47
3.11. DETERMINACIÓN DE LONGITUD DE RADÍCULA	48
3.12. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN PROXIMAL	48

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA CAÑIHUA CUPI Y RAMIS EN EL PROCESO DE GERMINADO	51
4.2. CONTENIDO PROTEICO DE CAÑIHUA GERMINADO (CUPI Y RAMIS)	57
4.3. CONTENIDO DE HIERRO DE CAÑIHUA GERMINADO (CUPI Y RAMIS).....	64
4.4. LONGITUD DE RADÍCULA DE LA CAÑIHUA CUPI Y RAMIS	70
4.5. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE CAÑIHUA GERMINADO Y SECADO (CUPI Y RAMIS)	74
4.6. CONTENIDO PROTEICO DE CAÑIHUA GERMINADO Y SECADO (CUPI Y RAMIS)	78
4.7. CONTENIDO DE HIERRO DE CAÑIHUA GERMINADO Y SECADO (CUPI Y RAMIS)	82
4.8. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE CAÑIHUA GERMINADO Y SECADO (CUPI Y RAMIS)	86

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES	91
5.2. RECOMENDACIONES	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
ANEXOS.....	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variedades de la cañihua	12
Tabla 2: Principales ecotipos de cañihua.....	14
Tabla 3: Requisitos químicos proximal	15
Tabla 4: Composición química de algunos cultivares de cañihua.....	15
Tabla 5: Composición química proximal de los granos de tres cultivares de cañihua.....	16
Tabla 6: Composición Nutricional con otros granos andinos y Cereales.....	16
Tabla 7: Fracciones proteicas de cañihua y quinua (% de proteína total).	17
Tabla 8: Cantidad de proteínas de la cañihua.	17
Tabla 9: Tablas peruanas de composición de alimentos.....	18
Tabla 10: Contenido de proteínas de la cañihua Cupi y Ramis.....	18
Tabla 11: Contenido de azúcares en los granos andinos (g/100 g materia seca).....	19
Tabla 12: Cantidad de hierro de la cañihua	20
Tabla 13: Composición química de los minerales del grano de cañihua, en diferentes variedades (mg/100g).	20
Tabla 14: Cantidad de hierro de variedad Cupi y Ramis.....	20
Tabla 15: Contenido de humedad para que ocurra la germinación de algunas semillas	24
Tabla 16: Normas de calidad de semillas para actividades de emergencia.	25
Tabla 17: Temperaturas cardinales de algunas semillas.....	28
Tabla 18: Clasificación de los elementos minerales según su movilidad.....	33
Tabla 19: La Capacidad antioxidante de la cañihua de variedades Cupi y Ramis.	34
Tabla 20: Capacidad antioxidante de la cañihua de variedad Cupi y Ramis.....	34
Tabla 21: Capacidad antioxidante en granos andinos.	34
Tabla 22: Resultados de la capacidad antioxidante de la cañihua germinada de las variedades Cupi y Ramis.	52
Tabla 23: Análisis entre los factores tiempo y temperatura para la capacidad antioxidante (Cupi).....	53
Tabla 24: Análisis entre los factores tiempo y temperatura para la capacidad antioxidante (Ramis).	55
Tabla 25: Resultados del contenido proteico de la cañihua germinada de las variedades Cupi y Ramis.....	58

Tabla 26: Análisis entre los factores tiempo y temperatura en el contenido proteico (Cupi).	59
Tabla 27: Análisis entre los factores tiempo y temperatura en el contenido proteico (Ramis).	61
Tabla 28: Número de tratamientos respecto al contenido de hierro (Cupi y Ramis).	64
Tabla 29: Análisis entre los factores tiempo y temperatura para contenido de hierro de la variedad Cupi.....	65
Tabla 30: Análisis entre los factores tiempo y temperatura para contenido de hierro de la variedad Ramis.	67
Tabla 31: Longitud de radícula de la cañihua Cupi y Ramis (germinado a T 16°C).....	70
Tabla 32: Longitud de radícula de la cañihua Cupi y Ramis (germinado a T 21°C).....	70
Tabla 33: Análisis de varianza para el DCA de longitud de radícula (Cupi).	71
Tabla 34: Análisis de varianza para el DCA de longitud de radícula (Ramis).....	72
Tabla 35: Capacidad antioxidante del germinado y secado de cañihua Cupi y Ramis.	74
Tabla 36: Análisis entre los factores variedad y temperatura para capacidad antioxidante.	75
Tabla 37: Coeficiente de variable media para capacidad antioxidante (Trolox) de la variedad Cupi y Ramis.	76
Tabla 38: Contenido proteico del germinado y secado de cañihua Cupi y Ramis	78
Tabla 39: Análisis entre los factores variedad y temperatura para contenido proteico (mg).	80
Tabla 40: Coeficiente de variable media para contenido proteico de la variedad Cupi y Ramis.....	80
Tabla 41: Contenido de hierro del germinado y secado de cañihua Cupi y Ramis.	83
Tabla 42: Análisis entre los factores variedad y temperatura para contenido de hierro (mg).	84
Tabla 43: Coeficiente de variable para contenido de hierro de la variedad Cupi y Ramis.	84
Tabla 44: Análisis fisicoquímico de la cañihua Cupi y Ramis germinada y secado (50 y 60°C).....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Sección longitudinal media del grano de cañihua.....	9
<i>Figura 2:</i> Perú: Producción Nacional de Cañihua, 2005-18 (Miles de toneladas).	10
<i>Figura 3:</i> Producción de Cañihua según región, 2017 Producción (t), Participación (%)..	11
<i>Figura 4.</i> Cañihua variedad Cupi.....	12
<i>Figura 5:</i> Cañihua variedad Ramis.....	13
<i>Figura 6:</i> Cañihua variedad Illpa INIA 406.....	13
<i>Figura 7:</i> Curva de absorción de agua en semillas.	23
<i>Figura 8:</i> Flujo experimental para el germinado de semillas de la cañihua.....	40
<i>Figura 9:</i> Granos de cañihua.....	41
<i>Figura 10:</i> Diagrama del germinado de cañihua.....	42
<i>Figura 11:</i> Reacción del radical 2,2-difenil- 2 picrilhidrazil (DPPH).	45
<i>Figura 12:</i> Capacidad antioxidante de la cañihua germinada de las variedades Cupi y Ramis.	53
<i>Figura 13:</i> Capacidad antioxidante respecto al tiempo y temperatura de la cañihua Cupi.	54
<i>Figura 14:</i> Variación de la capacidad antioxidante de la cañihua Cupi.....	54
<i>Figura 15:</i> Capacidad antioxidante respecto al tiempo y temperatura de la cañihua Ramis.	55
<i>Figura 16:</i> Variación de la capacidad antioxidante de la cañihua Ramis.	56
<i>Figura 17:</i> Contenido proteico de la cañihua germinada de las variedades Cupi y Ramis.	59
<i>Figura 18:</i> Contenido proteico respecto al tiempo y temperatura de la cañihua Cupi.....	60
<i>Figura 19:</i> Variación del contenido proteico de la cañihua Cupi.	60
<i>Figura 20:</i> Contenido proteico respecto al tiempo y temperatura de la cañihua Ramis	61
<i>Figura 21:</i> Variación del contenido proteico de la cañihua Ramis.....	62
<i>Figura 22:</i> Contenido de hierro de la cañihua germinada de las variedades Cupi y Ramis.	65
<i>Figura 23:</i> Contenido de hierro respecto al tiempo y temperatura de la cañihua Cupi.....	66
<i>Figura 24:</i> Variación del contenido de hierro de la cañihua Cupi.....	66
<i>Figura 25:</i> Contenido de hierro respecto al tiempo y temperatura de la cañihua Ramis. ...	67
<i>Figura 26:</i> Variación del contenido de hierro de la cañihua Ramis.....	68

<i>Figura 27:</i> Comparación de medias para temperatura y tiempo de la variable de longitud de radícula, del germinado de cañihua Cupi.	71
<i>Figura 28:</i> Comparación de medias para temperatura y tiempo de la variable de longitud de radícula, del germinado de añihua Ramis.....	72
<i>Figura 29:</i> Capacidad antioxidante de la cañihua Cupi y Ramis secados a 50 y 60°C.....	75
<i>Figura 30:</i> Variación de capacidad antioxidante de la cañihua Cupi y Ramis.	76
<i>Figura 31:</i> Capacidad antioxidante respecto al temperatura de la cañihua Cupi y Ramis..	77
<i>Figura 32:</i> Comportamiento del contenido proteico de la cañihua (Cupi y Ramis) secado.	79
<i>Figura 33:</i> Variación del contenido proteico de la cañihua Cupi y Ramis.....	81
<i>Figura 34:</i> Contenido proteico con respecto a la temperatura de la cañihua Cupi y Ramis	81
<i>Figura 35:</i> Contenido de hierro de la cañihua Cupi y Ramis, secados a 50 y 60°C.	83
<i>Figura 36:</i> Variación del contenido de hierro de la cañihua Cupi y Ramis.....	85
<i>Figura 37:</i> Contenido de hierro con respecto al temperatura de la cañihua Cupi y Ramis.	85
<i>Figura 38:</i> Fisicoquímica de cañihua Cupi y Ramis.....	87
<i>Figura 39:</i> Comportamiento de fisicoquímico de cañihua Cupi y Ramis secados a 50°C..	88
<i>Figura 40:</i> Comportamiento de fisicoquímico de cañihua Cupi y Ramis secados a 60°C..	89
<i>Figura 41:</i> Recepción de materia prima (cañihua Cupi y Ramis) e insumos.....	139
<i>Figura 42:</i> Proceso de lavado de cañihua (Cupi y Ramis) en estudio.	139
<i>Figura 43:</i> Proceso de germinado.	139
<i>Figura 44:</i> Programación del equipo germinadora.	139
<i>Figura 45:</i> Colocación de muestras en las bandejas.	139
<i>Figura 46:</i> Programación de temperatura de 16°C y 21°C en germinado de cañihua Cupi y Ramis en estudio.....	139
<i>Figura 47:</i> Germinado de cañihua (Cupi y Ramis) en estudio.....	139
<i>Figura 48:</i> Vernier digital	139
<i>Figura 49:</i> Longitud de radícula del germinado de cañihua (Cupi y Ramis) en estudio. .	139
<i>Figura 50:</i> Determinación de humedad del germinado de cañihua (Cupi y Ramis) en estudio.	139
<i>Figura 51:</i> Reactivos de laboratorio para determinación de capacidad antioxidantes (DPPH).	139
<i>Figura 52:</i> Proceso de pesado, triturado, filtrado de muestras.....	139
<i>Figura 53:</i> Análisis de antioxidantes de cañihua germinada.	139
<i>Figura 54:</i> Materiales y equipos de laboratorio.	139

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Operacionalización de variables	104
Anexo 2: Lecturas de absorción de la solución de Trolox.	106
Anexo 3: Gráfica de la curva de calibración.	106
Anexo 4: Determinación del porcentaje de inhibición del radical DPPH al 50% de cañihua Cupi germinada.	107
Anexo 5: Determinación del porcentaje de inhibición del radical DPPH al 50% de cañihua Ramis germinada.	107
Anexo 6: Pruebas preliminares para la determinación del volumen del extracto del germinado de cañihua Cupi y Ramis.	108
Anexo 7: Resultados del análisis de Capacidad Antioxidante (cañihua Cupi).	108
Anexo 8: Resultados del Análisis de Capacidad Antioxidante (cañihua Ramis).	109
Anexo 9: Información de nivel de clase para capacidad antioxidante de la cañihua germinada de la variedad Cupi.	110
Anexo 10: Coeficiente de variable para capacidad antioxidante la variedad Cupi.	110
Anexo 11: Información de nivel de clase para capacidad antioxidante de la cañihua germinada de la variedad Ramis.	110
Anexo 12: Coeficiente de variable para capacidad antioxidante de la variedad Ramis. ...	110
Anexo 13: Información de nivel de clase para la variedad Cupi (Capacidad antioxidante).	110
Anexo 14: Análisis de varianza para la capacidad antioxidante (cañihua Cupi) mediante supuestos de ANOVA.	111
Anexo 15: Coeficiente de variable para la variedad Cupi (media).	111
Anexo 16: Estimaciones de parámetros de las variables para obtener el tiempo para la capacidad antioxidante.	111
Anexo 17: Información de nivel de clase para capacidad antioxidante de la variedad Ramis.	112
Anexo 18: Análisis de varianza para la capacidad antioxidante (cañihua Ramis) mediante supuestos de ANOVA.	112
Anexo 19: Coeficiente de variable para capacidad antioxidante de la variedad Ramis. ...	112

Anexo 20: Estimaciones de parámetros de las variables para obtener el tiempo para la capacidad antioxidante.	112
Anexo 21: Información de nivel de clase para contenido proteico la variedad Cupi.....	113
Anexo 22: Coeficiente de variable para contenido proteico de la variedad Cupi.	113
Anexo 23: Coeficiente de variable para contenido proteico de la variedad Ramis.	113
Anexo 24: Información de nivel de clase para contenido proteico la variedad de cañihua Cupi y Ramis.	113
Anexo 25: Análisis de varianza para contenido proteico (cañihua Cupi) mediante supuestos de ANOVA.	114
Anexo 26: Coeficiente de variable para contenido proteico la variedad Cupi.	114
Anexo 27: Análisis de varianza para contenido proteico (cañihua Ramis) mediante supuestos de ANOVA.	114
Anexo 28: Coeficiente de variable para contenido proteico de la variedad Ramis.	114
Anexo 29: Análisis de varianza para contenido proteico de la cañihua Cupi mediante supuestos de ANOVA.	114
Anexo 30: Coeficiente de variable para contenido proteico variedad Cupi.	115
Anexo 31: Estimaciones de parámetros de las variables para obtener el tiempo para contenido proteico (cañihua Cupi).	115
Anexo 32: Información de nivel de clase para contenido proteico de la variedad Ramis.	115
Anexo 33: Análisis de varianza para contenido proteico (cañihua Ramis) mediante supuestos de ANOVA.	116
Anexo 34: Coeficiente de variable para contenido proteico de la variedad Ramis.	116
Anexo 35: Estimaciones de parámetros de las variables para obtener el tiempo para contenido proteico de la variedad Ramis.	116
Anexo 36: Información de nivel de clase para contenido de hierro de la variedad Cupi y Ramis.	117
Anexo 37: Coeficiente de variable para contenido de hierro de la variedad Cupi.	117
Anexo 38: Coeficiente de variable para contenido de hierro de la variedad Ramis.	117
Anexo 39: Información de nivel de clase para contenido de hierro de la variedad de cañihua Cupi y Ramis.	117
Anexo 40: Análisis de varianza para contenido de hierro (cañihua Cupi) mediante supuestos de ANOVA.	117
Anexo 41: Coeficiente de variable para contenido de hierro de la variedad Cupi.	118

Anexo 42: Análisis de varianza para contenido de hierro (cañihua Ramis) mediante supuestos de ANOVA.	118
Anexo 43: Coeficiente de variable para contenido de hierro de la variedad Ramis.....	118
Anexo 44: Análisis de varianza para contenido hierro de la cañihua Cupi germinada mediante supuestos de ANOVA.....	118
Anexo 45: Coeficiente de variable para contenido de hierro de la variedad Cupi.	118
Anexo 46: Estimaciones de parámetros de las variables para obtener el tiempo para contenido hierro (cañihua Cupi).	119
Anexo 47: Información de nivel de clase para contenido de hierro de la variedad Ramis.	119
Anexo 48: Análisis de varianza para contenido hierro (cañihua Ramis) mediante supuestos de ANOVA.....	119
Anexo 49: Coeficiente de variable para contenido hierro de la variedad Ramis.	120
Anexo 51: Longitud de Radícula de cañihua Cupi y Ramis (21°C).....	121
Anexo 52: Longitud de Radícula de cañihua Cupi y Ramis (16°C).....	121
Anexo 53: Longitud de las radículas de cañihua Cupi (16 y 21°C).....	122
Anexo 54: Longitud de las radículas de cañihua Ramis (16 y 21°C).	123
Anexo 55: Información de nivel de clase para capacidad antioxidante de la variedad Cupi y Ramis (Secado).....	124
Anexo 56: Número de tratamientos respecto al media (capacidad antioxidante).	125
Anexo 57: Análisis de varianza para Capacidad antioxidante de la cañihua Cupi y Ramis mediante supuestos de ANOVA (Secado).....	125
Anexo 58: Coeficiente de variable para capacidad antioxidante la variedad Cupi y Ramis (secado).....	125
Anexo 59: Prueba de Levene para la homogeneidad de la varianza de los residuos ANOVA de las desviaciones absolutas de las medias del grupo.....	125
Anexo 60: Prueba de Brown y Forsythe's para la homogeneidad de la varianza de los residuos ANOVA de desviaciones absolutas de las medias del grupo.....	126
Anexo 61: Prueba de Bartlett's para la homogeneidad de la varianza RESID.	126
Anexo 62: Información de nivel de clase para contenido proteico la variedad Cupi y Ramis (Secado).....	126
Anexo 63: Análisis de varianza para Contenido proteico (cañihua Cupi y Ramis) mediante supuestos de ANOVA (secado).....	126

Anexo 64: Coeficiente de variable para contenido proteico la variedad Cupi y Ramis (secado).....	126
Anexo 65: Número de tratamientos respecto al media (contenido proteico).	127
Anexo 66: Prueba de Levene para la homogeneidad de la varianza de los residuos ANOVA de las desviaciones absolutas de las medias del grupo.....	127
Anexo 67: Prueba de Brown y Forsythe's para la homogeneidad de la varianza de los residuos ANOVA de desviaciones absolutas de las medias del grupo.....	127
Anexo 68: Prueba de Bartlett's para la homogeneidad de la varianza RESID.	127
Anexo 69: Información de nivel de clase para contenido de hierro de la variedad Cupi y Ramis (secado).	127
Anexo 70: Número de tratamientos respecto al media (contenido de hierro).	128
Anexo 71: Análisis de varianza para contenido de hierro cañihua Cupi y Ramis mediante supuestos de ANOVA (secado).....	128
Anexo 72: Coeficiente de variable para contenido de hierro de la variedad Cupi y Ramis (secado).....	128
Anexo 73: Prueba de Levene para la homogeneidad de la varianza de los residuos ANOVA de las desviaciones absolutas de las medias del grupo.....	128
Anexo 74: Prueba de Brown y Forsythe's para la homogeneidad de la varianza de los residuos ANOVA de desviaciones absolutas de las medias del grupo.....	129
Anexo 75: Prueba de Bartlett's para la homogeneidad de la varianza RESID.	129
Anexo 76: Análisis fisicoquímico de la cañihua Cupi.	129
Anexo 77: Análisis fisicoquímico de la cañihua Ramis.	129
Anexo 78: Análisis fisicoquímico de cañihua Cupi (secado a 50 y 60°C).	130
Anexo 79: Análisis fisicoquímico de cañihua Ramis (secado a 50 y 60°C).....	130
Anexo 80: Capacidad antioxidante de la cañihua germinado y secado de las variedades Cupi y Ramis en estudio.....	131
Anexo 81: Análisis contenido proteico y hierro en la cañihua germinada de las variedades Cupi y Ramis en estudio.....	132
Anexo 82: Análisis Fisicoquímico de la cañihua germinado y secado de las variedades Cupi y Ramis en estudio.....	135
Anexo 83: Constancia de uso del equipo de cámara germinadora.	138
Anexo 84: Panel fotográfico.....	139

RESUMEN

El germinado de granos andinos es una alternativa que mejora sus propiedades funcionales, pero se desconoce el comportamiento de estos nutrientes en determinadas fases del proceso de germinado y secado. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del tiempo (24, 48 y 72 horas) y temperatura del germinado (16 y 17°C) y el proceso de secado (50 y 60°C) de dos variedades de cañihua (*Cupi* y *Ramis*) en la capacidad antioxidante, contenido de proteína y hierro. Para determinar la capacidad antioxidante se utilizó el método DPPH en granos, donde la variedad *Ramis* (v. *Ramis*) presentó 2.863 Trolox CI50 g/100 g, valor superior a la variedad *Cupi* (v. *Cupi*) con 2.725 Trolox CI50 g/100 g, en ambos casos a un tiempo de 48 horas y temperatura de 16°C. El contenido proteico presentó 11.32 g/100g para la variedad *Cupi* y 10.99 g/100g en la variedad *Ramis*. La concentración media hierro es de 17.76 mg/100g (variedad *Cupi*) y 17.87 mg/100g (variedad *Ramis*), todas las muestras presentan diferencia significativa (< 0.0001). La longitud de radícula fue de 15.52 mm (v. *Cupi*) y 23.79 mm (v. *Ramis*) en ambos casos a 21°C de temperatura y 72 horas de germinado; en ambos casos existe diferencia estadística. Finalmente, en el proceso de secado a temperatura de 50 y 60°C, presentó valores mayores la v. *Ramis* con 1.861 Trolox CI50 g/100 g (50°C) respecto a la v. *Cupi* con 1.624 Trolox CI50 g/100g (60°C), en cambio el contenido proteico después del secado presentó en la v. *Cupi* 19.09 g/100g a 50° valor superior respecto a la v. *Ramis* con 18.19 g/100g a 60°C. En cuanto a la concentración de hierro la v. *Cupi* presentó 16.08 mg/100g contenido superior a la v. *Ramis* con 15.58 mg/100g, en ambos casos a 60°C de temperatura de secado. Se concluye que la variedad *Cupi* y *Ramis* no presentan diferencia estadística en cuanto a la capacidad antioxidante, contenido proteico y hierro durante el germinado y secado de las semillas.

Palabras clave: Antioxidante, cañihua, hierro, proteína, germinado, secado.

ABSTRACT

The sprouting of Andean grains is an alternative that improves their functional properties, but the behavior of these nutrients in certain phases of the sprouting and drying process is unknown. The objective of the study was to evaluate the effect of time (24, 48 and 72 hours) and germination temperature (16 and 17 ° C), and the drying process (50 and 60 ° C) of two varieties of cañihua (Cupi and Ramis) in the antioxidant capacity, protein and iron content, to determine the antioxidant capacity the DPPH method was used in grains, where the variety Ramis (v. Ramis) presented 2,863 Trolox IC50 g / 100 g, a higher value than the Cupi variety (v. Cupi) with 2,725 Trolox IC50 g / 100 g, in both cases at a time of 48 hours and a temperature of 16 ° C. The protein content presented 11.32 g / 100g for the Cupi variety and 10.99 g / 100g for the Ramis variety. The mean iron concentration is 17.76 mg / 100g (Cupi variety) and 17.87 mg / 100g (Ramis variety), all samples show significant difference (<0.0001). The radicle length was 15.52 mm (v. Cupi) and 23.79 mm (v. Ramis) in both cases at 21 ° C temperature and 72 hours of germination, in both cases there is a statistical difference. Finally, in the drying process at a temperature of 50 and 60 ° C, I had higher values of v. Ramis with 1.861 Trolox IC50 g / 100 g (50 ° C) with respect to v. Cupi with 1.624 Trolox IC50 g / 100g (60 ° C), on the other hand, the protein content after drying presented in v. Cupi 19.09 g / 100g at 50 ° higher value than v. Ramis with 18.19 g / 100g at 60 ° C, in terms of iron concentration, v. Cupi presented 16.08 mg / 100g content higher than v. Ramis with 15.58 mg / 100g, in both cases at 60 ° C drying temperature. It is concluded that the Cupi and Ramis varieties do not present statistical differences in terms of antioxidant capacity, protein content and iron during germination and drying of the seeds.

Keywords: Antioxidant, cañihua, iron, protein, germinated, dried.

INTRODUCCIÓN

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es uno de los granos andinos poco estudiado hasta la actualidad y éste ha despertado mucho interés, esto debido a su excelente valor nutricional en comparación a otros granos andinos. Además, posee la calidad de proteínas(15-19%), similar al de la leche (caseína), también, por su perfil de aminoácidos que son superiores de otros cereales (Quiroga *et al.*, 2018). Así mismo, (Moscoso- Mujica *et al.*, 2017), indican que el contenido proteico de la cañihua es calidad y cantidad en comparación a otros granos; sin embargo, no ha sido estudiado exhaustivamente en este tiempo. Por otro lado, contiene niveles adecuados de micronutrientes importantes como las fibras, vitaminas, minerales y otros componentes bioactivos tales como las antioxidantes (Coronado *et al.*, 2015). Cabe mencionar que los germinados son fuentes naturales de nutrientes y además la Unión Europea, Codex Alimentarius y la FAO están regularizando este alimento ya que están considerados dentro de alimentos funcionales. Así mismo, en Japón ya certifican con la demonización de FOSHU (Durán y Valenzuela, 2010).

Existe una proliferación de germinados en estos últimos años a base de plantas en el mercado, como germinados de lentejas, garbanzo, alfalfa, legumbres varias y otros cereales por nombrar. Además, los germinados de cañihua representan una alternativa novedosa para la dieta humana, hay varios estudios que reportan que los germinados son como superalimento de la vida. Estos brotes tiernos alcalinos ricos en aminoácidos, vitaminas y minerales, han logrado alcanzar su mayor digestibilidad en la alimentación humana. Así mismo, cumple un papel muy importante, la capacidad antioxidante, en la protección contra radicales libres, inhibiendo la oxidación provocada. Esta molécula tiene la principal capacidad de inhibir el estrés oxidativo causado por las lipoproteínas de baja densidad (LDL) que son las causantes de la oxidación, ésta puede provocar muchas enfermedades, entre ellas, el cáncer y enfermedades cardiovasculares (De Marchi *et al.*, 2013). Se tiene como objetivo evaluar la capacidad antioxidante, contenido proteico y hierro en las semillas de cañihua germinado y secado; con la premisa mencionada, los objetivos específicos son: Evaluar el efecto del tiempo y temperatura del germinado de cañihua en la capacidad antioxidante, contenido de proteínas y hierro. Determinar la capacidad antioxidante, contenido proteico y hierro de semillas de cañihua en el proceso de secado.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años, el problema es la demanda de alimentos saludables con alto valor funcional con la capacidad de prevenir enfermedades como obesidad, anemia, depresión entre otros Torrejón *et al.*, (2016), por lo cual se ha motivado para dar como una alternativa, a fin de mejorar las características del alimento que sea beneficioso para el consumidor. Así mismo, la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), es uno de los granos andinos con más nutrientes, proteínas (15-19%); es mayormente, rico en los micronutrientes como hierro, calcio, pero es menos estudiado por desconocimiento Repo-Carrasco *et al.*, (2009).

El insuficiente consumo de minerales durante la infancia, es la causa de muchas enfermedades que afectan directamente la salud, donde traen efectos adversos en la salud del ser humano. Anemia, osteoporosis, raquitismo y enfermedades del tipo inmune, son causadas por deficiencias de hierro calcio y zinc (WHO/FAO, 2004). El estrés oxidativo es un problema que enfrenta el organismo humano en la vida diaria (trabajo, familia, trámites, entre otras), esto va causando daño a las células por la acción de radicales libres, por ende, ocurre el envejecimiento y la disminución de la protección antioxidante Coronado *et al.*, (2015). Con el presente trabajo de investigación, se busca dar como alternativa, a fin de mejorar las características de los alimentos beneficiosos e importantes para la salud, donde el proceso de germinación de las semillas incrementa en sus propiedades funcionales. Se desconoce el comportamiento de estos nutrientes en determinadas partes de la estructura de cañihua. Hay estudios recientes que han demostrado que los brotes comestibles tienen mayor valor nutricional que las plantas maduras.

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la capacidad antioxidante, contenido proteico y hierro en las semillas de cañihua en el proceso de germinado y secado.

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del tiempo y temperatura del germinado de cañihua en la capacidad antioxidante, contenido de proteínas y hierro.
- Determinar la capacidad antioxidante, contenido proteico y hierro de semillas de cañihua en el proceso de secado.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación permitirá revalorar el cultivo de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), ya que los resultados muestran en la capacidad antioxidante, contenido proteico y hierro en el proceso de germinado, con el fin de mejorar la digestibilidad. Así mismo, pretendiendo la incorporación de nuevos productos funcionales y consumo directo en estos tiempos, buscan consumir alimentos funcionales que ayudan a la salud; así mismo, ha despertado el interés de la población, donde los germinados tienen sustancias fisiológicamente activas que brinda una función beneficiosa en la reducción de ciertas enfermedades, por lo que, la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), constituye uno de los granos más importantes dentro de los cultivos.

Va en aumento el interés por los antioxidantes procedentes de fuentes vegetales que cumple un papel importante en la prevención de la mayoría de reacciones oxidativas, tales como: las proteínas, grasas y ácidos nucleicos que ocurren en el cuerpo humano (Castillo, 2010). Esta oxidación es causada por LDL (Colesterol malo), por ende, hay estudios epidemiológicos que muestran que los consumos de alimentos de origen vegetal pueden evitar muchas enfermedades que están asociadas con el estrés oxidativo: cáncer y enfermedades cardiovasculares (De Marchi *et al.*, 2013). Así también, los antioxidantes previenen contra el envejecimiento, ya que la vida humana podría aumentar al disminuir los efectos del estrés oxidativo, (Céspedes *et al.*, 2000) que ha originado un envejecimiento en la población y, por consiguiente, un incremento relativo de las enfermedades asociadas. En los últimos años se han incrementado los estudios relacionados al tema.

Por otra parte, los germinados, pueden contribuir con mayor digestibilidad y asimilar fácilmente el organismo. De la misma forma, la capacidad antioxidante y el contenido proteico y hierro en los granos germinados de las dos variedades de cañihua será un aporte al conocimiento e industrialización de la cañihua para su comercialización en el mercado nacional. También, el estrés oxidativo, causa y conduce la destrucción celular que va afectando al envejecimiento y los antioxidantes disminuyen e inhiben la oxidación, que es causada por algunas moléculas de carbohidratos, lípidos o proteínas que pueden tener un efecto particular.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

A la fecha no se han reportado estudios del germinado y secado de dos variedades de cañihua en cuanto a capacidad antioxidante, contenido de proteína y hierro; sin embargo, existen estudios con otras variedades, es así que, Aliaga *et al.* (2017) consideraron dos variedades de cañihua: Ecotipo naranja y Purapurani. Utilizaron a tres temperaturas de 10, 20 y 30°C. Se obtuvo un rendimiento para longitud de la radícula y cotiledón en Ecotipo naranja y fueron de 36,16 mm y 30,20 mm en Purapurani, controlando a temperaturas de la germinación de 30°C. Mientras, el peso fue 3,22 mg para Ecotipo naranja y 3,00 mg en Purapurani a la misma temperatura, cuya composición química resultó con 15,44% (Ecotipo naranja) y 19,24% (Purapurani) de proteínas en el grano sin germinar. Mientras para el grano germinado resultó con 6,28% (Ecotipo naranja) y 6,25% (Purapurani) de proteínas. Así mismo, para los minerales fueron significativos con 13,21 mg/100g de hierro y 300,19 mg/100g de fósforo para Ecotipo naranja; de la misma manera, con 13,72 mg/100g de hierro y 452,37 mg/100g de fósforo para la variedad Purapurani. Además, indican un incremento en los germinados en una proporción de 27%, para el hierro a 16,80 mg/100g y en fósforo a 374,31 mg/100g. Para Ecotipo naranja y para variedad Purapurani el hierro a 13,80 mg/100g y en fósforo disminuye a 340,61 mg/100g.

Menciona Fischer *et al.* (2017), el contenido de proteínas en semillas de quinua lavadas y sin lavar, evaluó los cambios en los brotes de quinua. Utilizaron el diseño de bloques completos al azar. Indicaron el contenido de albúmina de las semillas lavadas y no lavadas de AG2010 y varió entre 11.7 y 27.0 mg mL⁻¹. El contenido de globulina varió entre 15.3 y 31.9 mgmL⁻¹, mientras que las proteínas de semilla disminuyeron significativamente cuando las semillas se lavaron antes del análisis. El número de bandas de albúminas / globulinas extraídas de semillas lavadas, fue mayor en comparación con el número de bandas extraídas de semillas sin lavar; algunos de ellos probablemente corresponden a deshidrinas.

Finalmente, indicaron que las semillas de quinua producidas bajo diferentes regímenes de agua varían el contenido de globulina. En las semillas de quinua lavadas cambió la concentración y el patrón electroforético de las albúminas y las globulinas.

Tal como (Cruz, 2017) indica el tiempo de germinado en las tres variedades de cañihua: Illampu, Ecotipo naranja y Purapurani, se refirió que la longitud de radícula, diámetro de radícula, longitud de brote, diámetro de brote, peso de la radícula, peso del brote y peso total del germinado donde evaluó las cualidades nutricionales del germinado. En función de la prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadístico para la longitud de radícula en las tres variedades de cañihua (Ecotipo naranja y Purapurani) con 29,55 mm, 28,05 mm (Illampu) con menor longitud de radícula con promedio 25,00 mm, la longitud de radícula. La mayor longitud de radícula a 30°C, con un promedio de 33,74 mm y el testigo presentó menor longitud de radícula con 21,67 mm. La variedad Ecotipo naranja con mayor peso del germinado con un promedio de 3,11 mg y la variedad Illampu con menor peso del germinado con un promedio 2,76mg. A temperatura de 16 °C, fue el mayor peso 3,30mg en promedio y el testigo con un promedio 2,45 mg, los resultados fueron para el valor nutricional del germinado y análisis bromatológico en las variedades Ecotipo naranja, Illampu y Purapurani, resultó que la proteína de grano germinado disminuye a 46,89 %, 57,31 % y 67,52 % en las tres variedades, es distinto con el mineral en hierro en cantidad de grano a germinado aumenta en 27,18 % y 32,20 % en el Ecotipo naranja y la variedad Illampu mientras en Purapurani, se mantiene. El contenido de Calcio disminuye en el grano hasta que desarrolle el brote en 11,62 % y 2,44 %; en el Ecotipo naranja y Purapurani; en la variedad Illampu aumenta a 1,23 %. En el contenido de fósforo aumenta de la materia prima hasta la formación del brote a 137,75 %, por el contrario, disminuye el 13,82 % y 24,71 % en las variedades Illampu y Purapurani.

Según Luna (2015), evaluó la influencia del germinado y cocción húmeda en dos accesiones de cañihua de 72 y 96 horas. El proceso de cocción húmeda a temperaturas de 65 y 85°C, indica que incrementó a 72 horas en compuestos fenólicos con un valor de 95.29 mg. ácido gálico/100 g de materia seca; mientras que la capacidad antioxidante incrementó a 96 horas con un de valor de 181.84 μ mol. Trolox eq/g de materia seca, con mejores resultados la accesión PIK 030133, cuya composición proximal de contenido proteico aumento durante el proceso de germinación a medida que el tiempo incrementa. Para la cañihua procesada (germinada y cocida), los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en granos germinados a 96 horas, cocida a una temperatura de 65°C indicó un valor de 81.80

mg. ácido gálico/100 g de materia seca y 129.84 μ mol. Trolox eq/g de materia seca, teniendo mejores resultados la accesión PIK 030133 para la composición proximal presenta resultados ligeramente bajos en ambas accesiones.

Esto fue escrito por Bravo *et al.* (2013), quienes evaluaron en los granos de quinua y kiwicha en granos sin germinar y germinados, los valores para la quinua en proteína 13.09%, grasa 6.10%, ceniza 1.50%, fibra total 2.68% y humedad 6.94% y también los valores para kiwicha en proteína 16.45%, grasa 8.29%, ceniza 3.18%, fibra total 9.50% y humedad 5.68%. De tal forma, para hierro en quinua sin germinar 4.2 mg% y para quinua germinada con 4,56 mg%, así mismo, para Kiwicha sin germinar el valor de 7,6 mg% y para Kiwicha germinada 7,74 mg%. Indicaron que hay un ligero aumento en el hierro, realizaron según los métodos AOAC.

Según Abderrahim *et al.* (2012), indican un método eficaz para aumentar los compuestos antioxidantes. La germinación aumentó la capacidad antioxidante, los compuestos fenólicos y los productos de reacción de Maillard, incluidos los productos finales glicosilados avanzados. Por lo tanto, disminuyó los marcadores de estrés oxidativo. Todos los parámetros mostraron un patrón de curso de tiempo a 72 h. Además, del aumento en los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante, la germinación se produjo productos finales glicosilados avanzados.

También Chaparro *et al.* (2011), evaluaron los cambios en la cantidad de hierro y calcio durante el proceso germinativo en semillas de amaranto (*Amaranthus sp*), quinua (*Chenopodium quinoa*), guandul (*Cajanus cajan*) y soya (*Glycine max*). El porcentaje de germinación mayor al 90 %, se estandarizó el método para la obtención de semillas germinadas, mediante la definición de variables como uso o no de desinfectante, tipo de sustrato, tiempo de germinación y temperatura de germinación. Aplicó un diseño de bloques completos al azar con tres réplicas por día de germinación (días cero, uno, dos y tres); para cuantificación de hierro y calcio se utilizó absorción atómica. la germinación indujo cambios en la disponibilidad de hierro y calcio de forma particular en la semilla de cada especie; el hierro disponible, en semillas de amaranto soya y quinua, tendió a disminuir a medida que avanzó el proceso de germinación; sin embargo, la germinación no afectó significativamente el contenido de hierro en semillas de amaranto y guandul. En cambio, en el calcio disponible se incrementó significativamente en semillas de amaranto y quinua a partir del segundo día de germinación. La germinación generó un incremento porcentual, en el contenido de calcio,

de 169.1% en amaranto y de 24.75% en quinua; mientras que, en guandul y soya el calcio disponible disminuyó con la germinación.

Determinó el tiempo y temperatura óptima de germinación de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), variedad Pasankalla y, así mismo, evaluó el efecto del secado en bandejas y en vacío sobre las características químico proximales y microbiológicas del germinado de quinua.

Según Choque y Molina (2018), determinaron el tiempo y la temperatura óptima para la germinación de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). fueron de 48 horas a 30°C, alcanzó un incremento de 31.59 % en proteína total, 95.71 %; en hierro 66.84 % (base húmeda) y 9.63% (la humedad del grano) en vitamina C, a partir del grano. También, evaluaron el efecto del secado en bandejas; al mismo tiempo, evaluaron las características químico proximales y microbiológicas del germinado de quinua el secado (vacío, óptimo fue de 55°C, disminuyendo el tiempo de secado un 80% y siendo el tratamiento con menor tiempo de exposición al secado. También, no hubo disminución de vitamina C, en el germinado en base seca; no hay impacto significativo sobre el contenido de proteínas y de hierro.

2.2. CAÑIHUA

2.2.1. Aspectos generales

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es una planta herbácea anual y tiene una altura entre 0.2 a 0.7 m, resistente a las heladas y sequías; se cultivan en mesetas andinas a más de 4 000 m.s.n.m. y puede germinar a 5°C, florecer a 10°C y desarrollar semillas a 15°C. La cañihua es uno de los granos andinos más nutritivos y con una calidad proteica excepcional (Repo-Carrasco *et al.*, 2009).

2.2.2. Nombres Comunes

La cañihua tiene una gran variedad de nombres comunes dependiendo al idioma que se le denomina a la *Chenopodium pallidicaule* Aellen (INDECOPI, 2018), las cuales son:

- Quechua: kañiwa, kañawa, kañahua, kañagua, quitacañigua, ayara, cuchiquinua.
- Aimara: iswalla hupa, ahara hupa, aara, ajara, cañahua, kañawa.
- Español: Cañihua, cañigua, cañahua, cañagua, kañiwa.
- Inglés: kaniwa, canihua.

2.2.3. Clasificación taxonómica

Según Mujica *et al.* (2002), también mencionado por (Huamán, 2011), la cañihua según la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Vegetal, Eukarionta

División: Angiospermophyla

Clase: Dicotyledoneae

Sub clase: Archichlamydeae

Orden: Centrospermales

Familia: Chenopodaceae

Género: *Chenopodium*

Especie: *Chenopodium pallidicaule* Aellen

2.2.4. Cultivo de cañihua

Desde hace cientos de años se cultiva en nuestro país, la “kañiwa” (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), y fue descrita por primera vez por Aellen en 1929. Esta especie alto andina habita sobre los 1500 a 3600 m de altura, pudiendo crecer a mayor altitud que la quinua, en un periodo vegetativo de 135 - 145 días y en comparación a la quinua (165 - 172 días). Así mismo, otras especies puede crecer donde otros cereales lo hacen con dificultad, debido a que toleran heladas y se han adaptado a un amplio rango de suelos prefiriendo aquellos ricos en limo, potasio y magnesio (Pirie, 2011).

El origen de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) se encuentra en los andes del sur de Perú y Bolivia (Apaza, 2010), exactamente están distribuidas en las altitudes entre 3600 a 4400 m.s.n.m. en las regiones semiáridas (Abderrahim *et al.*, 2012).

Este grano tiene una adaptabilidad en diferentes regiones agroecológicas. Puede crecer a una humedad relativa entre 40 a 88 %, y tolera temperaturas entre - 4 a 38 °C. Así mismo puede soportar una temperatura máxima por encima de 17°C y por debajo de 2°C. Resiste la falta de humedad del suelo y produce cultivos con rendimientos aceptables con una precipitación total 83mm/mc con humedad máxima 0.70% y mínima 0.93% (Benique, 2019). La cañihua

es considerado como uno de los granos andinos que es menos estudiado y más nutritivos hasta la actualidad (Tacora *et al.*, 2010).

2.2.5. Características del grano

El grano de cañihua tiene una forma subcilíndrica, cónico, sublenticular, subcónico y subelipsoidal con un diámetro de 1.0 a 1.2 mm, pero el embrión es curvo y periforme también el epispermo es muy fino y puntiagudo de color negro, pero en algunos casos es de color castaño o castaño claro. Mayormente, está encapotado por un perigonio de color gris y es muy fino (INDECOPI, 2014). Además, en el grano de cañihua se encontró siete saponinas triterpénica y el contenido está por debajo de límites permitidos (Repo-Carrasco *et al.*, 2003). De la misma manera, las semillas no presentan dormancia y normalmente puede germinar sobre la propia planta cuando la humedad es suficiente (Apaza, 2010). También, tienen paredes duras y son de pequeño diámetro, la mitad del tamaño de los granos de quinua (MINAGRI, 2018) . El grano de cañihua tiene una humedad entre 10 y 12.4 %, también, favorece en la conservación y almacenamiento del grano y alarga el tiempo prolongado, lo que permite tener siempre en stock para el consumo, modificación en diferentes productos, así como para las diferentes épocas de producción (Mujica *et al.*, 2002). Se muestran el fraccionamiento de los granos de cañihua (húmedos) SEM de la sección longitudinal de un grano de cañihua. Perisperma (PR), cotiledones (C), radícula (R), funículo (F) y pericarpio (PE), Variedad Illpa (A), reportados por (Huiche, 2018), se puede observar en la figura 1.

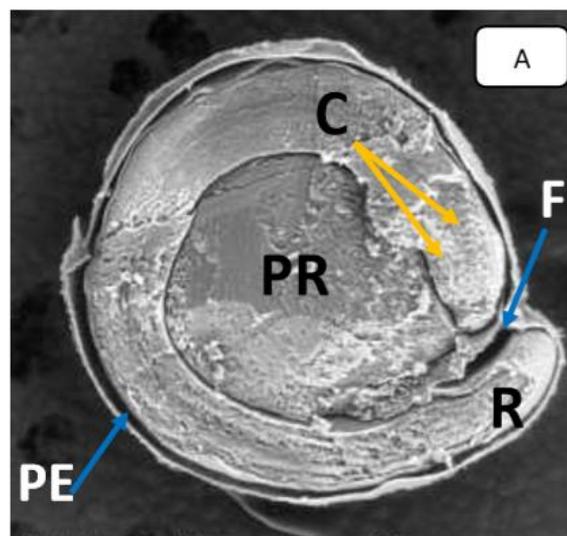


Figura 1: Sección longitudinal media del grano de cañihua
Fuente: Huiche, (2018)

2.2.6. Producción nacional de cañihua

La cañihua es considerado como uno de los granos andinos más importantes que se produce en nuestro país (Perú). Así mismo, la producción y/o rendimiento en el año 2005 se rindió 4.6 miles de toneladas, pero en el año 2006 aumentó más la producción y/o rendimiento hasta llegar 5.6 miles de toneladas (los últimos 18 años hay mayor producción en la cañihua). En esta última década, la producción de cañihua se ha mantenido entre las 4 mil y 5 mil toneladas, registrando 5,1 mil toneladas en el acumulado al mes de setiembre del año 2018. Se registra un crecimiento de 1,0% en el periodo evaluado, obtenido por el aumento de la superficie cosechada en 0,5% y del rendimiento en 0,5% (MINAGRI, 2018) , tal como se puede observar en la Figura 2.

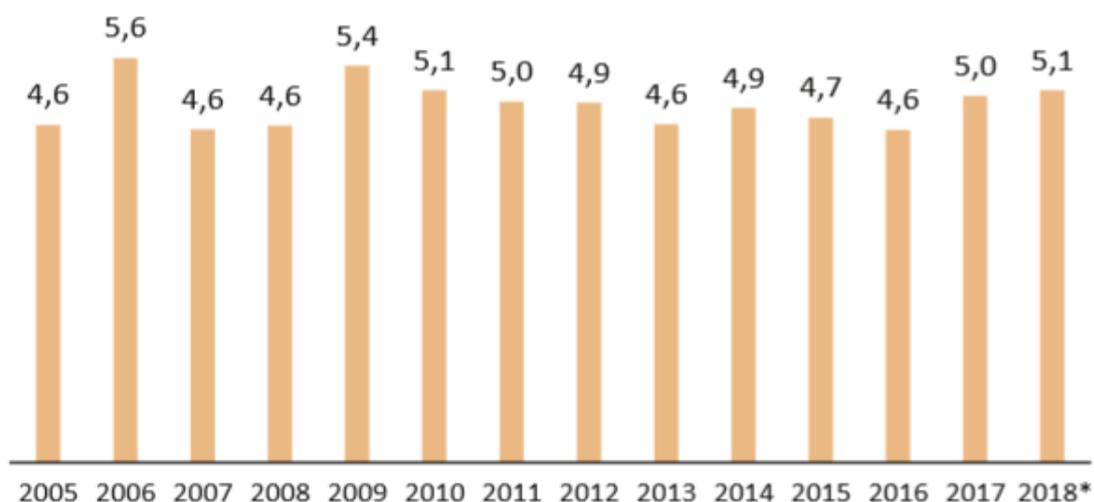


Figura 2: Perú: Producción Nacional de Cañihua, 2005-18 (Miles de toneladas).

*Acumulado a setiembre

Fuente: MINAGRI, (2018)

2.2.7. Producción regional de cañihua

La producción de cañihua a nivel del Perú que está situada mayormente en el norte del departamento de Puno, alcanza un total de la siembra más o menos 5 mil hectáreas y la productividad logra entre 750 y 800 kg por hectárea. Dentro del región Puno se encuentra las principales provincias como, Melgar (Llalli, Macari, Ayaviri y Nuñoa), Azángaro,

Huancané, San Román, Puno (Acora) y Chucuito (Pomata y Kelluyo), que alcanzan con la mayor producción en la cañihua que pertenecen al grupo étnico Aymara y Quechua (Arnillas *et al.*, 2013).

A nivel regional, Puno contribuye con el 95,0% de la producción de cañihua y Cusco con el 4,9%. Arequipa produce el 0,1% del total nacional. En el gráfico presentado a continuación se aprecia la producción y participación de las principales regiones que son productoras. En este periodo fueron Puno con 4785t, Cusco con 246t y Arequipa con 6t, respectivamente, se puede apreciar en la figura 3 (MINAGRI, 2017).

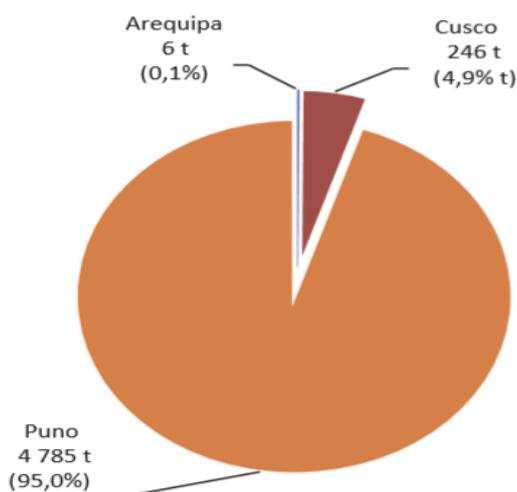


Figura 3: Producción de Cañihua según región, 2017 Producción (t), Participación (%).

Fuente: MINAGRI (2017).

2.3. VARIEDADES DE CAÑIHUA

Cada variedad de cañihua es definida como una especie de plantas similares, debido a su singularidad morfológica y comportamiento, se puede diferenciar de otras variedades dentro del mismo grupo (Apaza, 2010). 22 Instituciones entre ellos INIA, mediante estudios, han logrado obtener las variedades de cañihua por métodos de selección y estabilidad en las variedades de Cupi, y Ramis que fueron multiplicados (Mujica *et al.*, 2002). De la misma manera, hay varios cultivares que existen en el Perú y más conocidos como son: “Cupis, Ramis, Akallapi, Huanaco, Rosada, Chillihua, Condorsaya, K’ellu y Puca”. Existen grupos de germoplasma en el Perú que están en las estaciones experimentales INIA de Camacani e Illpa (Puno), la Universidad San Antonio Abad en K’ayra (Cusco). En la estación experimental Illpa/ INIA en Puno, se han seleccionado las variedades Ramis, Cupi, lampa e

Illpa INIA 406 son considerados mediante los métodos de mejoramiento y selección (MINAGRI, 2018). Además, las variedades mejoradas de la cañihua, indica el hábito de crecimiento, la altura de la planta, color de tallo, hoja, perigonio, epidermo y peso del grano (Gomez, 2015), se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1: Variedades de la cañihua

Variedades Mejoradas	Hábito de crecimiento	Altura Planta (cm)	Color tallo Madurez	Color estrías del tallo	Color Hoja Madurez	Color perigonio Madures	Color del epidermo
CUPI	Saiwa	60	Púrpura pálido		Púrpura pálido	Gris crema suave	Café claro
RAMIS	Saiwa	52	Púrpura		Púrpura	Gris oscuro	Café oscuro
ILLPA INIA 406	Saiwa	33	Anaranjado	Rojo	Anaranjado	Crema suave	Café claro

Fuente: Gomez, (2015).

2.3.1. Variedad Cupi

Es la variedad más conocida y logra alcanzar una altura de 60 cm, el diámetro del tallo central es de 4.0 mm, el color del tallo es púrpura pálido cuando alcanza la madurez fisiológica. La apariencia del perigonio del fruto es cerrada, pero es de color gris crema suave; del epispermo café claro, y el diámetro del grano sin examinar el perigonio: 1.0 a 1.1 m, se puede valorar en la figura 4. (Apaza, 2010).



Figura 4. Cañihua variedad Cupi.

Fuente: Apaza, (2010).

2.3.2. Variedad Ramis

Esta variedad alcanza una altura de 52 cm, donde el diámetro del tallo central es 4,5 mm, de color del tallo y las hojas son púrpura en madurez fisiológica. La apariencia del perigonio del fruto es de color gris oscuro; pero, del epispermo es de color café oscuro y el diámetro del grano sin examinar el perigonio: 1,1 a 1,2 mm, se puede observar en la figura 5 (Apaza, 2010).



Figura 5: Cañihua variedad Ramis.

Fuente: Apaza, (2010).

2.3.3. Variedad Illpa INIA 406

Es una de las variedades que ha sido destapado por INIA, logra alcanzar una altura de 67 cm, pero el diámetro del tallo central es de 5.0 mm. Cuando llega a alcanzar la madurez fisiológica, cambia el color del tallo y hojas se tornan anaranjado. La apariencia del perigonio del fruto es cerrado, es de color crema suave; del epispermo café claro y el diámetro del grano sin examinar el perigonio: 1.0 a 1.1 mm, tal como se puede observar en la figura 6 (Apaza, 2010).



Figura 6: Cañihua variedad Illpa INIA 406.

Fuente: Apaza, (2010).

2.4. PRINCIPALES ECOTIPOS DE CAÑIHUA

La zona de mayor producción está en la región Puno, se han identificado alrededor de 380 tipos que se encuentran en la etapa de evaluación (INIA, 2010). Además, los principales ecotipos de cañihua colectados en ferias rurales (Apaza, 2010), como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2: Principales ecotipos de cañihua.

Nº	Nombre común	Nº	Nombre común	Nº	Nombre común
1	Choque sillihua	17	Estrella	33	Sayiri sillihua
2	Cunacutama	18	Pusi esquina	34	Janko alverja
3	Kitay llama	19	Chuwa kañiwa	35	Choque uta
4	Chuto	20	Chiji kañiwa	36	Chupica
5	Kello	21	Ara	37	Condor nayra
6	Illama	22	Naranjaa	38	Tonko kello
7	Alfenica	23	Rojo	39	Huancatama
8	Alverja	24	Amarilla	40	Sullka illama
9	Airampo kañihua	25	Pasankalla	41	Wila chuto
10	Pito jiura	26	Pasankalla	42	Chuto sillihua
11	Kello kañihua	27	Cupi blanca	43	K'uytu kañiwa
12	Chillihua	28	Luntusa	44	Rosada alfeñica
13	Wila alfeñica	29	Ishualla	45	Kañiwa comunal
14	Isillihua chiara	30	Leche pito	46	Alverja chuto
15	Coque pito	31	Peske kañiwa	47	Janko
16	Isillihua oke	32	Morado	48	Cunacutama rosada

Fuente: Apaza, (2010).

2.5. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL DE LA CAÑIHUA

La cañihua es el grano andino con alto valor nutricional en comparación a otros granos y posee un elevado contenido de proteínas que está entre 14 y 19 %, las cuales pertenecen principalmente a las albúminas y globulinas que tienen una composición balanceada de aminoácidos esenciales (Repo-Carrasco *et al.*, 2003). También tiene una

proporción tan importante que son los aminoácidos azufrados, metionina y cisteína (Repo-Carrasco *et al.*, 2009).

Según (INDECOPI, 2014), la cañihua debe cumplir los requisitos químicos proximal que especifican en la Tabla 3. Así mismo, (Gallego *et al.*, 2014), determinaron un contenido de proteína en granos de quinua y cañihua entre 12 a 18 por ciento en base húmeda; mientras que, la composición química señalada (La Rosa *et al.*, 2016), en base seca se muestra en el Tabla 4. Además (Apaza, 2010), especifica la composición química proximal en los tres cultivares de cañihua (Cupi, Ramis y Illpa INIA 406) como se muestra en la tabla 5.

Tabla 3: Requisitos químicos proximal

Requisitos	Unidad	Valores		Método de ensayo
		Min.	Max.	
Humedad	%	-	12.4	NTP 209.264
Proteína	%	13.1	-	NTP 209.262
Cenizas	%	-	5.9	NTP 209.265
Grasa	%	3.5	-	NTP 209.263
Fibra cruda	%	4	-	AOAC 945.18

Fuente: INDECOPI, (2014).

Nota 1: los valores referidos están expresados en base seca

Nota 2: como información al consumidor, los granos de cañihua no tienen gluten

Tabla 4: Composición química de algunos cultivares de cañihua

Componente (por ciento)	Cultivar					
	Roja	Blanca	Amarilla	Cupi	Ramis	Illpa – INIA
Humedad	10.7	10.7	10.7	8.5	7.7	8.4
Proteína	16.1	16.1	16.5	14.2	13.7	14.5
Grasa	7.5	7.8	7.5	3.9	3.9	3.9
Carbohidratos	62.7	62.5	62.5	59.8	61.2	58.7
Cenizas	3.7	3.7	3.5	4.1	4.1	4.2

Fuente: La Rosa *et al.*, (2016).

Tabla 5: Composición química proximal de los granos de tres cultivares de cañihua.

Determinaciones	Cultivar Cupi	Cultivar Ramis	Cultivar Illpa INIA 406
Humedad (%)	8.45	7.73	8.36
Proteína (Nx6.25)%	13.48	13.10	13.82
Fibra (%)	10.28	10.00	11.00
Cenizas (%)	4.10	4.08	4.16
Grasa (%)	3.88	3.90	3.92
ELN (%)	59.81	61.19	58.74
Energía (kcal/100g)	325.36	329.65	322.68

Fuente: Apaza, (2010).

Además (MINSA, 2009), hace una comparación en la composición nutricional de la cañihua con otros granos andinos, se puede observar en la tabla 6.

Tabla 6: Composición Nutricional con otros granos andinos y Cereales

	Proteína	Grasa	Carbohidratos
Avena	13.3	4.0	61.6
Cebada	8.6	0.7	67.3
Quinua	13.6	5.8	60.7
Cañihua	17.6	8.3	60.7

Fuente: MINSA, (2009)

2.5.1. Proteínas

La cañihua es uno de los granos andinos que tiene un alto valor nutricional en proteínas que varía entre 14 y 19 %; sobre todo, tiene una relación importante de aminoácidos azufrados, metionina y cisteína (Repo-Carrasco *et al.*, 2009). Las proteínas ayudan el desarrollo y crecimiento a la vez fortalecen los organismos que conservan el calor y energía del cuerpo, así mismo, son encargadas en renovar los tejidos (Rojas *et al.*, 2018).

En Comparación a otros cereales, la cañihua, posee un alto contenido de proteínas y dentro de los más resaltantes se encuentra del tipo albúmina y globulina, tienen un componente balanceado de aminoácidos esenciales parecida al de la caseína (Apaza, 2010). Se pueden

observar en la tabla 7, las fracciones proteicas de cañihua y quinua tipo albúmina y globulina así también protaminas, glutelinas y proteínas insolubles (Repo-Carrasco *et al.*, 2003).

Tabla 7: Fracciones proteicas de cañihua y quinua (% de proteína total).

Granos andinos	Albumina + globulinas	Protaminas	Glutelinas + proteínas insolubles
Cañihua	41	28	31
Quinua	45	23	32

Fuente: Repo-Carrasco *et al.* (2003)

Otros estudios muestran que la cañihua tiene aproximadamente 16.9 % de proteínas (Torrejón *et al.*, 2016). También (Ligarda *et al.*, 2012) indican valores de 15.6–17 % de proteínas. Así mismo, (FAO, 2000) hace referencia de 14 por ciento de proteínas encontrados en la cañihua; de la misma manera, (INDECOPI, 2014) reporta valores de 13.1 por ciento mínimo en proteínas tal como se puede apreciar en la Tabla 8.

Tabla 8: Cantidad de proteínas de la cañihua.

	Cantidad de proteína
Cañihua ¹	16.9 (%)
Cañihua ²	15.6 – 17.0 (g/100 g materia seca)
Cañihua ³	14.0 (g/100 g)
Cañihua ⁴	13.1(%) min

Fuente: ¹Torrejón *et al.*, (2016), ²Ligarda *et al.*, (2012), ³FAO (2000), ⁴INDECOPI (2014).

Así mismo, indican que la calidad proteica es excepcional, también el contenido de carbohidratos del orden 60% a comparación de otros aceites vegetales del orden 8% (Repo-Carrasco *et al.*, 2003). Particularmente, rica en aminoácidos esenciales, tales como aminoácidos azufrados, lisina, isoleucina y aminoácidos aromáticos, mayores que los recomendados por la (FAO/OMS, 2007) que son deficientes en la mayoría de granos, pero necesarios para una nutrición apropiada en humanos. Se puede apreciar el contenido de proteínas de las tres variedades de cañihua (Reyes *et al.*, 2017), se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9: Tablas peruanas de composición de alimentos.

Variedad	Proteínas (g/100 g)
Cañihua amarilla	15.7
Cañihua gris	14.0
Cañihua parda	13.8

Fuente: Reyes *et al.* (2017)

Además, reportan que la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* A.) logra un balance de aminoácidos de primera línea y principalmente es rica en lisina, isoleucina y triptófano (Repo- Carrasco y Encina, 2008). De la misma manera, (La Rosa *et al.*, 2016) reporta el contenido de proteínas en las variedades de Cupi y Ramis, se puede observar en la Tabla 10.

Tabla 10: Contenido de proteínas de la cañihua Cupi y Ramis

	Proteínas (g/100g)	
	Cupi	Ramis
Cañihua ¹	14.2	13.7
Cañihua ²	13.48	13.10

Fuente: ¹La Rosa *et al.* (2016), ²Apaza, (2010)

2.5.2. Carbohidratos

En cambio, los carbohidratos en la cañihua son considerados por el contenido de almidón ésta es de 63-66 % (Repo-Carrasco *et al.*, 2003). Así mismo, no ha sido estudiado ampliamente el contenido de almidón encontrados en la cañihua en comparación con otros cereales. El contenido de polisacáridos, en los granos de quinua y cañihua, además tienen azúcares libres en pequeñas cantidades. La cañihua tiene mayor contenido en glucosa, fructosa y maltosa, comparando con los granos de quinua y kiwicha (Repo-Carrasco *et al.*, 2003), se puede apreciar en la Tabla 11.

Tabla 11: Contenido de azúcares en los granos andinos (g/100 g materia seca)

Granos andinos	Glucosa	Fructosa	Sacarosa	Maltosa
Quinoa	1.70	0.20	2.90	1.40
Cañihua	1.80	0.40	2.60	1.70
Kiwicha	0.75	0.20	1.30	1.30

Fuente: Repo-Carrasco et al., (2003).

2.5.3. Lípidos

La cañihua es uno de los granos andinos que es relativamente rica en lípidos y en ácidos grasos insaturados. El contenido de tocoferoles en aceite de cañihua es mayor que otros cereales y, principalmente, su contenido en cuanto a omega 6 (ácido linoleico) con 42.6%, omega 9 (ácido oleico) con 23.4% y para Omega 3 (ácido linoleico) con 6% en la cañihua (Repo-Carrasco *et al.*, 2003).

Por otro lado, (FAO, 2000) plantea que el alto contenido de aceite en estos cereales y/o granos andinos podría favorecer el establecimiento de industrias de extracción de aceites vegetales que beneficiarían para consumo humano.

2.5.4. Minerales

En las minerales reportan que la cañihua es rica principalmente en micronutrientes, tales como hierro y calcio (Repo-Carrasco *et al.*, 2009). Además (Apaza, 2010), confirma el alto contenido en calcio, fósforo y hierro, con un valor de 110, 375 y 15 mg/100 g de materia seca. Así mismo, (FAO, 2000) indica que la composición de 10-15 mg/100 g de hierro, 87-141 g/100g de calcio y 335-496 mg/100 g de fósforo presentes en la cañihua, depende de cada variedad, de la misma indican los valores de 11.3 mg/100g de hierro. (Torrejón et al., 2016), por otra parte, indica el valor de 12.66 mg/100g de hierro; Choque (2006), también reporta los valores de 10 – 15 mg/100g de hierro (Bartolo, 2013). Se puede observar en la Tabla 12.

Tabla 12: Cantidad de hierro de la cañihua

	Cantidad de Hierro
Cañihua ¹	11.3 (mg/100g)
Cañihua ²	12.66 (mg/100g)
Cañihua ³	10 – 15(mg/100g)

Fuente: ¹Torrejón *et al.*, (2016), ²Choque (2006), ³Bartolo (2013).

Por otra parte, (Mujica *et al.*, 2002), reporta cantidad de mineral en los granos de cañihua amarilla, gris y parda como se puede observar en la Tabla 13.

Tabla 13: Composición química de los minerales del grano de cañihua, en diferentes variedades (mg/100g).

Minerales (mg)	Cañihua Amarilla	Cañihua Gris	Cañihua Parda
Calcio	87,00	110,00	141,00
Fósforo	335,00	375,00	387,00
Hierro	10,80	13,00	12,00

Fuente: Mujica, (2002)

Tabla 14: Cantidad de hierro de variedad Cupi y Ramis.

Nutriente	Variedades de cañihua	
	Cupi	Ramis
Hierro (mg/100 g)	41.3	16.7

Fuente: Villegas, (2008).

2.5.5. Fibra

Reportaron que la cañihua logra obtener un alto contenido de fibra dietética, principalmente la fracción insoluble (Repo-Carrasco *et al.*, 2009). Así mismo, en la actualidad se brinda más consideración no sólo al contenido de fibra cruda, sino también a lo más importante: las fibras solubles o dietéticas totales. Estas son benéficas para la digestión, especialmente, por su capacidad de absorción de agua que están en las fibras (FAO, 2000).

Además, (Repo-Carrasco *et al.*, 2003) en los tres granos andinos se llevó a cabo el análisis de fibra dietética mediante el método combinado enzimático-gravimétrico. Por otra parte, el alto contenido de fibra insoluble, mayormente, es observado en la cañihua y es posible por la presencia de perigonios (capa de celulosa adherida al grano) que cubren el grano y que no han sido eliminados por completo, podría limitar la capacidad de absorción de agua (FAO, 2000).

2.6. GERMINACIÓN

2.6.1. Aspectos generales

Los germinados tienen su origen en China 3000 años a. C, eran usados como suplemento en la alimentación y las semillas germinadas que se consumían en esa época eran la soya y la cebada. Actualmente, en América y Europa se ha aumentado el consumo de germinados, debido a la atribución de propiedades benéficas para el organismo y, sobre todo, por el valor nutricional, ya que son más digeribles; por ende, son aprovechados al máximo (Ponce De León *et al.*, 2013).

Además, los germinados se consideran como alimentos funcionales, debido al proceso de germinación que incrementa la biodisponibilidad de nutrientes a causa de las enzimas digestivas (Ponce De León *et al.*, 2013). La riqueza nutricional se potencializa durante el desarrollo de los germinados y contienen altos niveles de proteína, minerales como el calcio, hierro, magnesio y fósforo, vitaminas A, B, C y E; Además presenta un alto contenido en fibra (Ramos-Aguilar y Villanueva-Verduzco, 1998).

La germinación es el proceso mediante cual una semilla es sometida a una humedad y colocada en un ambiente adecuado, para que luego se convierte en una planta. En este proceso hay diferentes etapas las cuales inician con la intervención de agua por la semilla seca (imbibición) y después finaliza cuando una parte de ésta (eje embrionario en dicotiledóneas o radícula en monocotiledóneas y gimnospermas) atraviesa las estructuras de la semilla que se encuentran rodeándola (emergencia) (Mantilla, 2016).

Además, la germinación es un proceso que está conformado por tres etapas: fase 1 imbibición, fase 2 germinación “*sentu stricto*” y fase 3 de crecimiento; comenzando con la entrada de agua durante la cual la semilla se inhibe y reinicia procesos metabólicos en la semilla, seguido por la emergencia de la radícula a través de la cubierta de la semilla, (Rajjou *et al.*, 2012).

2.6.2. Fases de germinación

A. Fase de imbibición (f1)

En esta primera etapa de la germinación inicia con la fase de imbibición, que consiste en el ingreso de agua al interior de la semilla y la hidratación de los tejidos de la semilla, es un proceso físico con una duración variable según la variedad y/o especie. Una vez que los tejidos se han hidratado, empiezan diversos procesos metabólicos, principalmente la producción de ATP y la actividad respiratoria que permiten continuar el proceso de germinación (Mantilla, 2016).

B. Fase de germinación “sensu stricto” (F2)

En esta segunda etapa, el desarrollo de germinación se denomina fase de germinación "sensu stricto" (en sentido estricto), que se distingue porque se produce un descenso en la absorción de agua por las semillas donde inicia la actividad enzimática (metabolismo respiratorio) y, de la misma manera, ocurre la translocación y asimilación de las reservas alimentarias para el mejor desarrollo de la plántula (Pita y Perez, 1998).

C. Fase de crecimiento (F3)

En esta última fase de la germinación ocurre el aumento de la actividad metabólica, es decir, que el crecimiento y la división celular que incita la emergencia de la radícula y luego la plúmula, que implica un elevado gasto de energía, se caracteriza porque la absorción de agua vuelve a crecer, así como la actividad respiratoria. Las líneas verticales representan la duración aproximada de cada fase de hidratación, donde las raíces crecen rápidamente para sostener la planta y absorben los nutrientes necesarios para el crecimiento; se puede observar las tres fases de germinación respecto al absorción de agua en la siguiente figura 7 (Azcon-bieto y Talon, 2013).

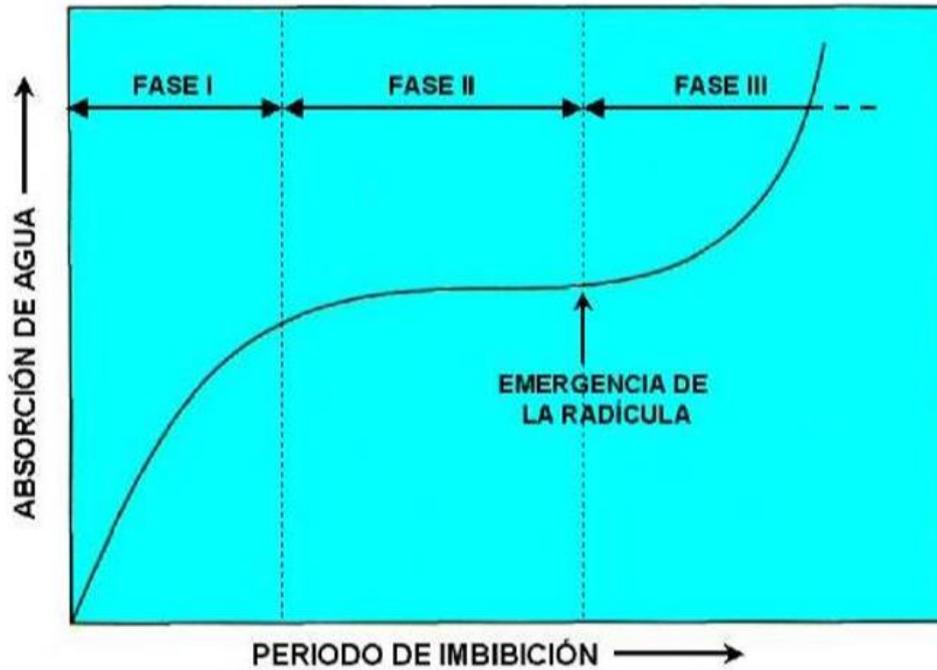


Figura 7: Curva de absorción de agua en semillas.

Fuente: Marassi, (2013).

2.7. CONDICIONES PARA UNA GERMINACIÓN ÓPTIMA

Para que la germinación ocurra, deben satisfacerse determinadas condiciones:

- La semilla debe ser viable.
- Las condiciones ambientales para la semilla deben ser favorables: agua, temperatura, oxígeno y luz.
- Las condiciones internas de la semilla deben ser favorables para la germinación (libre de dormancia).
- Las condiciones de sanidad deben ser satisfactorias, es decir la ausencia de agentes patógenos (Doria, 2010).

2.8. FACTORES EXTERNOS EN EL PROCESO DEL GERMINADO

2.8.1. Efecto de agua

La absorción de agua es el primer y más importante paso que tiene lugar durante la germinación; para que recupere su metabolismo es la rehidratación de sus tejidos, paso previo para la germinación (Doria, 2010). La entrada de agua a la semilla se ocurre a una divergencia únicamente de potencial hídrica entre la semilla y el medio que le rodea. Pero

en las semillas que son ricas en proteínas absorben mayor cantidad de agua, mientras que las oleaginosas absorben menor cantidad de agua (Marassi, 2013). Además, el agua es necesaria porque llega al embrión a través de las paredes celulares de la cubierta seminal para que se produzca la germinación, donde puede ocurrir durante el periodo de latencia; la semilla está muy deshidratada, es decir, que contienen muy poca agua (Hernández, 2011).

2.8.2. Efecto de humedad

La hidratación de semillas con agua es necesario, pero un exceso de humedad actuaría desfavorablemente para la germinación, pues dificultaría la llegada del oxígeno al embrión (Racines, 2011). Es decir, la humedad requerida para que se active el proceso de crecimiento y desarrollo está entre 40 y 45% (Bravo *et al.*, 2013). Por otra parte, no se debe permitir que se seque el sustrato durante el proceso de germinación, es importante mantener húmedo el ambiente de las semillas, pero no excesivamente mojado porque también dificultaría la germinación (FAO, 2011). Además, cada semilla o grano es diferente y necesita absorber un mínimo de humedad para que ocurra la germinación, porque en altas temperaturas y humedad relativa alta dañan a las semillas ocasionando la dureza (Morales-santos *et al.*, 2017). De la misma manera, en las semillas con alto contenido de proteína necesitan mayor contenido de humedad a diferencia de las semillas con niveles bajos de proteína (Marassi, 2013). Se muestra en la tabla 15 el contenido de humedad de algunas semillas de especies cultivadas.

Tabla 15: Contenido de humedad para que ocurra la germinación de algunas semillas

Cultivo	Contenido de humedad
Maíz (<i>Zea mays</i>)	30.5%
Soya (<i>Glycine max</i>)	50.0%
Remolacha (<i>Beta ssp</i>)	31.0%
Algodón (<i>Gossypium ssp</i>)	50-55.0%
Higuerilla (<i>Ricinus comunis</i>)	32-36.0%
Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	32.35.0%
Avena (<i>Avena sativa</i>)	32-36.0%
Maní (<i>Arachis hypogaea</i>)	50-55.0%

Fuente: Marassi, (2013)

Las modificaciones y aumento de humedad es el resultado final de las semillas germinadas, son alimentos que se puede digerir rápidamente ricos en vitaminas A, B, E, calcio, potasio, magnesio y oligoelementos: hierro, selenio y zinc. Los anti nutrientes disminuyen y tienen facilidad de cocción (Dueñas et *al.*, 2009). Basadas en las semillas de calidad declarada (QDS) de FAO, germinación mínima, contenido de humedad máxima en los cereales se puede observar en la Tabla 16.

Tabla 16: Normas de calidad de semillas para actividades de emergencia.

Cereales	Pureza varietal ¹ (min. %)	Pureza analítica ² (min. %)	Germinación ³ (min. %)	Contenido de humedad ⁴ (max. %)
Maíz	98	98	80	13
Mijo perla	98	98	70	13
Arroz	98	98	75	13
Sorgo	98	98	70	13
Trigo	98	98	80	13
Leguminosas comestibles				
Frijol	98	98	70	10
Habas	98	98	70	10
Garbanzo	98	98	75	10
Caupi	98	98	75	10
Arvejas	98	98	75	10
Mani	98	98	70	10
Lenteja	98	98	70	10
Frijol murgó	98	98	75	10
Soja	98	98	70	10
Cultivos oleaginosos				
Sésamo	98	98	70	10
Girasol	98	98	70	10
Cultivos industriales				
Algodón	98	98	70	10
Ricino	98	98	70	10

Fuente: FAO, (2011).

La calidad de semillas separadas en tres fracciones: semillas puras, semillas con otros cultivos y materia inerte, deberían estar a un nivel máximo aceptable.

- **¹Pureza varietal:** Es el porcentaje de la semilla pura que producirá plantas que exhiben las características de la misma variedad de cultivo.
- **²Pureza analítica:** Es el porcentaje de las semillas de la misma especie de cultivo, pero no necesariamente de la misma variedad de cultivo, se puede incluir materia inerte, semillas de malezas, semillas dañadas.
- **³Germinación:** Es el porcentaje de las semillas con la habilidad de germinar y pueden desarrollar plantas bajo condiciones de campo adecuadas de humedad, aireación y temperaturas óptimas.
- **⁴Contenido máximo de humedad:** Es recomendado para un almacenamiento seguro y buena germinación. Los valores pueden variar con el tipo de cultivo (amiláceo vs. semillas oleaginosas/alto contenido de proteínas) y de acuerdo a las condiciones locales, en particular con la humedad relativa ambiente y la temperatura (FAO, 2011).

2.8.3. EFECTO DE LA TEMPERATURA

Es un factor en el proceso de germinación, ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la hidratación. En condiciones de laboratorio no son las temperaturas constantes las que suelen determinar una mayor germinación, sino las temperaturas alternas, por ejemplo 15 °C (16 horas) y 25 °C (8 horas). Ello se supone que es debido a que este régimen de temperaturas simula las condiciones reales a las que las semillas se ven sometidas en condiciones naturales. (Pita y Perez, 1998)

Las semillas de especies tropicales suelen germinar mejor a temperaturas elevadas, superiores a 25 °C. Las máximas temperaturas están entre 40 °C y 50 °C como el pepino *Cucumis sativus*, que germina a, 48 °C. Sin embargo, las semillas de las especies de las zonas frías germinan mejor a temperaturas bajas, entre 5 °C y 15 °C (Racines, 2011).

La temperatura mínima sería aquella por debajo de la cual la germinación no se produce y la máxima aquella, por encima de la cual, se anula igualmente el proceso. La temperatura óptima, intermedia entre ambas, puede definirse como la más adecuada para conseguir el

mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible. La temperatura para que se logre la activación de la germinación está entre 20 y 24°C (Bravo *et al.*, 2013).

2.9. RANGO DE TEMPERATURAS DE GERMINACIÓN

2.9.1. Temperatura mínima

A bajas temperaturas los procesos de germinación no se pueden detectar a simple vista, pero cuando pasa un tiempo razonable, es posible. Las temperaturas mínimas que están por encima del punto de congelación no son letales en las semillas.

2.9.2. Temperatura máxima

La temperatura máxima es considerada cuando está por encima de los mecanismos, por tanto, la germinación no resulta el crecimiento del embrión. Así mismo, en la temperatura máxima es fácil de determinar, ya que son superiores; pero, causan daños irreversibles a las semillas con máxima temperatura (las semillas entran en latencia).

2.9.3. Temperatura óptima

Con la temperatura óptima se logra el porcentaje máximo de germinación en menor tiempo. La mayoría de los tipos de semillas tienen una temperatura óptima de germinación alternando entre 20 °C y 30 °C (ver normas de ISTA), (FAO, 2011).

El rango de temperaturas en que ocurre en el proceso de germinación es como línea de información adicional. Se puede apreciar en la Tabla 12, las temperaturas cardinales de algunas semillas. Son métodos de laboratorio para el análisis de germinación de semillas del cultivo.

Tabla 17: Temperaturas cardinales de algunas semillas

Cultivo	Sustrato	Temp. °C	Primer recuento	Segundo recuento (días)	Información adicional
Maíz mays	Zea BP, TPS, S	20 -30 25-20	4	7	KNO ₃
Sorgo bicolor	Sorghum TP,BP	20-30 25	4	10	Pre-enfriado
Frijol spp	Phaseolus BP, TPS, S	20 -30 25,20	5	9	
Mijo Pennisetum glaucum	Perla TP, BP	20 -30 20-35	3	7	
Arroz Sativa	Oryza TP, BP, S	20 - 30 25	5	14	Pre-calentado (50° C); Remojo en H ₂ O HNO ₃ (24 horas)
Trigo aestivum	Triticum TP, BP, S	20	4	8	Pre-calentado (30-35°C) Pre- enfriado: GA ₃
Caupi unguiculata	Vigna BP, S	20 - 30 25	5	8	
Lenteja culinaris	Lens BP, S	20	5	10	Pre- enfriado
Garbanzo arietinum	Cicer BP, S	20 - 30 20	5	8	
Mani hypogaea	Arachis BP, S	20 - 30 25	5	10	Remover cascaras, Pre- calentado(40°C)

Fuente: ISTA Normas para el Análisis de Semillas, (2011).

Notas: 1, Sustrato: BP=between paper (entre papel), TP=top of paper (sobre papel), S=in sand (en arena), TPS=Top of paper covered with sand (sobre papel cubierto con arena), P=Pleated paper (papel plegado). 2, Temperatura: un número solo indica temperatura constante. Dos números indican temperaturas alternadas con 16 horas a la primer temperatura y 8 horas a la segunda temperatura. 3, La luz debe ser suministrada por una fuente fluorescente blanca y fresca de 750–1 250 lux. Las semillas deben ser iluminadas por lo menos por 8 horas cada período de 24 horas.

2.9.4. Oxígeno

La absorción del oxígeno está relacionada con la temperatura y humedad, por ende, cada especie germina a temperatura determinada. En general, las condiciones extremas de frío o calor no favorecen a la germinación, ya que el oxígeno, agua y temperatura deben ser apropiadas para su activación de metabolismos que inicien el desarrollo de crecimiento (Jiménez *et al.*, 2017).

El oxígeno llega al embrión disuelto en el agua de imbibición, siendo imprescindible para que la germinación pueda tener lugar. Sólo, excepcionalmente, las semillas de algunas especies, sobre todo de plantas acuáticas, pueden llegar a germinar en ausencia o con bajas concentraciones de oxígeno (Pita y Perez, 1998).

La mayoría de las semillas germinan bien en atmósfera normal con 21% de oxígeno y un 0.03% de CO₂. Sin embargo, existen algunas semillas que aumentan su porcentaje de germinación al disminuir el contenido de oxígeno por debajo del 20%. Para que la germinación tenga logro, el O₂ disuelto en el agua de imbibición, debe alcanzar llegar hasta el embrión; es necesario para que se produzca la alta intensidad de la respiración en la semilla al germinar. Por ello, es necesario que la semilla no se encuentre a mucha profundidad, sino en una zona muy cercana a la superficie, de forma que haya renovación de aire donde ella esté. Si hay mucha agua, la semilla no germina, al faltarle el oxígeno, se pudre (Racines, 2011).

2.9.5. Iluminación

El efecto que las condiciones de iluminación tienen sobre las semillas permite clasificar a éstas en tres categorías:

- a) Semillas con fotosensibilidad positiva: Son semillas que germinan preferentemente bajo iluminación.
- b) Semillas con fotosensibilidad negativa: Son semillas que germinan preferentemente en oscuridad, mientras que la iluminación inhibe su germinación.
- c) Semillas no fotosensibles: Son semillas que germinan independientemente de las condiciones de iluminación (Pita y Perez, 1998).

2.10. IMPORTANCIA Y BENEFICIO DE LOS GERMINADOS

La importancia de los germinados de algunas semillas pueden aumentar y mejorar su aporte nutricional en comparación con otras semillas, ya que tienen un alto rendimiento y se puede incluir en diferentes comidas porque favorecen a la digestión (Racines, 2011).

Los germinados aumentan potencialmente su riqueza nutricional conforme va desarrollando hasta alcanzar un nivel óptimo. En este proceso se pueden encontrar, en especial, las vitaminas A, B, C, E, K y contenido de calcio, hierro, magnesio, potasio, fósforo y fibra (Ramos-Aguilar *et al.*, 1998).

Los granos germinados actúan sobre el metabolismo humano que va dirigiendo a una regeneración del torrente sanguíneo y los procesos digestivos. Durante el desarrollo de germinación ocurre que los carbohidratos proteínas y grasas son transformados y son más fáciles de digerir (Ampuero y Hallasi, 2020).

Además, tiene un poderoso efecto regenerador y curativo. Se dice que el jugo de brotes y/o germinados impide el desarrollo del cáncer, ayuda a corregir la anemia, equilibra la presión arterial, alivia el estreñimiento, aumenta la actividad hormonal, por sobre todas estas propiedades, ayudan a desintoxicar el organismo que son causados por agentes contaminantes del medio ambiente (Racine, 2011).

2.11. PROTEÍNAS EN GERMINADOS

Se puede decir que la germinación de legumbres y cereales estimula la actividad enzimática en los brotes, con lo que se rompen los inhibidores de tripsina, los complejos con ácido fítico y las propias proteínas, aumentando su disponibilidad; además, puede afectar la degradación de proteínas que contiene diversas enzimas proteolíticas: tripsina, quimiotripsina y carboxipeptidasas, que actúan con pH neutro. Así mismo, estas enzimas proteolíticas son capaces de liberar aminoácidos individuales, sobre todo, favorece la absorción de aminoácidos libres. Por otra parte, los seres humanos solo podemos producir 11 de los 20 aminoácidos que forman nuestras proteínas (López, 2014).

Durante el proceso de germinación ocurre que en la senescencia foliar, el nitrógeno proteico es movilizado mediante la hidrólisis de las proteínas de reserva con el fin de suministrar nitrógeno orgánico para el crecimiento (Azcon-bieto y Talon, 2013).

Dado que las proteínas precipitan en condiciones específicas, se puede utilizar este método para separar la proteína deseada de otras proteínas mediante el empleo de sales o precipitación isoeléctrica disminuyendo el pH hasta alcanzar el punto isoeléctrico particular de la proteína (Lee, 2017).

En las semillas, las proteínas se clasifican en tres grupos, según su función fisiológica: enzimas, en su mayor parte implicadas en la movilización de las reservas; proteínas de reserva, las cuales son utilizadas para alimentar a la plántula (Marassi, 2013).

El comportamiento de proteínas en germinados en los cereales y otras gramíneas son hidrolizadas a aminoácidos por proteinasas. Por otra parte, las proteínas de reserva se encuentran en forma de cuerpos proteicos en la capa de aleurona y en menor cantidad, en el endospermo (Marassi, 2013).

Así mismo, en el proceso de germinación en los cereales, ocurren con la movilización de nutrientes con los almidones y cuerpos proteicos, éstos son convertidos en compuestos básicos como azúcares simples y aminoácidos que son transportados y oxidados para suplir el crecimiento y la elongación del embrión (Taiz y Zeiger, 2006).

Generalmente, otras partes del embrión, sirven como reservorios en el proceso de germinación; los cotiledones o el endospermo actúan como reserva de carbohidratos, lípidos y proteínas que darán la energía para el desarrollo de la plántula durante la germinación (Marassi, 2013).

- Las proteínas aumentan un 20% y se descomponen en aminoácidos. En el proceso de germinación el contenido proteico de la semilla queda presente y más fácilmente asimilable.
- Los almidones se transforman en azúcar.
- Las enzimas como la citasa, amilasa y proteasa se activan y provocan una serie de transformaciones cuando ocurre la germinación: las sustancias de reserva son pre digeridas y se transforman en ácidos aminados, alguno de ellos es imprescindible para el ser humano.

Las proteínas en la semilla cumplen diferentes roles. Como parte de estructuras complejas, en las membranas y proteínas estructurales; energéticas, proteínas de almacenamiento, como fuente de aminoácidos para suministrar los bloques de construcción, son necesarios durante

la biosíntesis de proteínas en la germinación; metabólico, como en el caso de las enzimas necesarias para el control de diversas reacciones (Yada, 2017).

2.11.1. Clasificación de las proteínas según su solubilidad

En los concentrados proteicos contienen 70 por ciento de proteína en base seca, de los cuales, contienen compuestos solubles no proteicos, son eliminados; mientras que los aislados proteicos son los que contienen entre el 80 y 90 por ciento de proteína, son obtenidos mediante una extracción a pH alcalino, seguida del ajuste a pH ácido (Aguilar-Reymundo y Vélez-Ruiz, 2013).

Según (Badui, 2006), se clasifican las proteínas de acuerdo a las características de solubilidad, los cuatro categorías son las siguientes:

- Albúminas: Se solubilizan en agua a pH 6.6.
- Globulinas: Son solubles en soluciones salinas diluidas a pH 7.
- Glutelinas: Son solubles en soluciones ácidas (pH 2) y alcalinas (pH 12).
- Prolaminas: Son solubles en etanol al 70%.

2.12. HIERRO EN GERMINADOS

El comportamiento de hierro en los procesos de germinados es considerado como un elemento inmóvil, la deficiencia aparece en las hojas jóvenes; mientras ocurre lo contrario con los elementos que son móviles. Esta representa en el interior de la planta y su tendencia a ser translocado durante la deficiencia se puede ver en las hojas maduras (Pérez, 2017). En los procesos de la germinación ocurren con los minerales que existe un pequeño porcentaje de aumento (Huaranga y Hans, 2019); también ha demostrado que la absorción del hierro sólo ocurre durante el crecimiento de las raíces en los germinados (Martínez, 2019). Se puede apreciar en la Tabla 18, clasificación de elementos minerales.

Tabla 18: Clasificación de los elementos minerales según su movilidad

Móvil	Inmóvil
Nitrógeno	Calcio
Potasio	Azufre
Magnesio	Hierro
Fósforo	Boro
Cloro	Cobre
Sodio	
Zinc	
Molibdeno	

Fuente: Pérez, (2017)

2.13. LOS ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes son sustancias que ayudan a proteger a las células (corazón) de daños oxidativos y otras moléculas que son causados por radicales libres (López y Rosas, 2014). La oxidación es una reacción química que transfiere electrones desde una molécula a un agente oxidante produciendo radicales libre, los cuales inician la reacción en cadena inactivando a los radicales libres (Hamid *et al.*, 2010).

2.14. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

La cañihua crece actualmente en condiciones extremas (soportando heladas y temperaturas bajas en la zona del Altiplano), este grano andino (cañihua) aumenta una protección natural contra la oxidación (NRC, 1989). El alto contenido en compuestos fenólicos de la cañihua, revela una alta capacidad antioxidante; en la siguiente tabla 21, se muestra la capacidad antioxidante de los cereales andinos. Al respecto (Chanamé y Cruz, 2017), indican que las plantas que soportan condiciones climáticas extremas (heladas, sequías y bajas temperaturas), como es el caso de la cañihua, ejercen una protección innata contra la oxidación, lo cual le confiere su mayor actividad antioxidante en comparación con otros cereales. La capacidad antioxidante mide la eficacia de la transformación termodinámica aplicando la reacción de un pro oxidante con un antioxidante (Apak *et al.*, 2013). De las dos variedades de cañihua, tal como se observa en la Tabla 19, la mayor

capacidad antioxidante determinada en (μg trolox/g) fase hidrofilia fue de las variedades de cañihua Ramis y Cupi (Repo- Carrasco y Encina, 2008).

Tabla 19: La Capacidad antioxidante de la cañihua de variedades Cupi y Ramis.

Variedad	Capacidad antioxidante (μg trolox/g)
Cañihua Cupi	1165,98 \pm 33,54
Cañihua Ramis	1253,67 \pm 57,89

Fuente: Repo- Carrasco y Encina, (2008)

Los granos de la cañihua tienen buenas cualidades bioactivas de alta capacidad antioxidante (Bartolo, 2013). Así mismo, la capacidad antioxidante en μmol ET/g en base seca menciona (Cruz, 2013), se puede observar en la Tabla 20.

Tabla 20: Capacidad antioxidante de la cañihua de variedad Cupi y Ramis.

Variedad	Capacidad antioxidante (μmol ET/g ms)
Cañihua Cupi	16.78
Cañihua Ramis	16.18

Fuente: Cruz, (2013).

Comparando la capacidad antioxidante con otros granos andinos como kiwicha y quinua, se puede apreciar en la Tabla 21.

Tabla 21: Capacidad antioxidante en granos andinos.

Capacidad antioxidante (μg trolox/g ms)	
Kiwicha	660.37
Cañihua	1509.80
Quinua	2400.55

Fuente: Repo-Carrasco y Encina, (2008).

2.15. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN GERMINADOS

La actividad antioxidante de la granada depende de la fruta empleada. Existen estudios que han confirmado que la actividad antioxidante de los extractos de plantas depende de la concentración de compuestos fenólicos; también, se encontró el mayor

contenido antioxidante, principalmente, la cáscara. Así mismo, los germinados de alfalfa son buena fuente de nutrientes y antioxidantes (Ayala, 2014).

En los germinados granos de *Cajanus cajan* hay cambios en la actividad enzimática de los granos y ruptura de macro-moléculas, los cuales, disminuyen los factores anti nutricionales e incrementan la síntesis de otros constituyentes; hay variaciones en composición proximal, ácidos grasos, capacidad antioxidante y bioaccesibilidad mineral (Torres *et al.*, 2018). En germinados de semillas de lenteja y judía indica un aumento significativo de los contenidos de melatonina e incrementa su capacidad antioxidante, estas propiedades y funciones pueden prevenir muchas enfermedades (Herrera, 2016). Durante la germinación de las semillas, los antioxidantes, actúan como precursores de los constituyentes de la pared celular (Diaz *et al.*, 2014).

2.16. IMPORTANCIA Y BENEFICIOS DE LOS ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes son compuestos que eliminan o retrasan la oxidación de lípidos de otras moléculas, inhibiendo las reacciones en las cadenas.

El colesterol (LDL) lipoproteínas de baja densidad es habitualmente llamado “colesterol malo”, éstas se acumulan en las arterias y las obstruye y pueden aumentar el riesgo de enfermedad cardíaca (del corazón); por lo tanto, los antioxidantes, protegen a las LDL de la oxidación y ejercen, en general, un efecto favorable en la función cardiovascular (De Marchi *et al.*, 2013).

El estrés oxidativo es una enfermedad que causa daño y destrucción a las moléculas, células y tejidos e incluso órganos completos, por ende, ocurre el envejecimiento. Los antioxidantes previenen las oxidaciones (Azzi, 2017).

Los antioxidantes inhiben a los radicales libres, cuya formación es inevitable en las células, causando daño a las mismas, siendo el origen del envejecimiento (Viña, 2017).

2.17. SECADO

El secado es un proceso simultáneo de transferencia de calor y masa entre el producto y el aire de secado, esto consiste en la remoción de humedad excesiva contenido en el producto mediante la evaporación (Montes *et al.*, 2008). También el secado permitir eliminar la humedad excesiva de los granos a corto plazo y asegurar su conservación correspondiente

(Blanco *et al.*, 2016). En el secado se debe tener en cuenta la velocidad de secado(w), tiempo de secado(t), humedad relativa (H_o), humedad final (H_f). Es muy importante la cantidad de calor y se recomienda el uso de secador de bandejas para el alimento (Hidalgo, 2013).

2.17.1. Secado de alimento

La temperatura de secado de un alimento produce efectos negativos en diversos productos, causan pérdidas de micronutrientes como en las vitaminas, degrada componentes bioactivos y desnaturalizan proteínas, modifica propiedades fisicoquímicas y sensoriales como el color, sabor y olor (Acosta y Castro, 2019).

La humedad, tamaño del producto, temperatura están involucradas en el secado. También, afecta una pérdida a micronutrientes, tales como la degradación del ácido ascórbico durante el secado convectivo en papaya que fueron afectados (Ortiz-Yescas *et al.*, 2012).

La temperatura considerable del secado para distintos alimentos está entre 50 y 60°C y, también, según la humedad de cada alimento en frutas y vegetales depende del tamaño y grosor, se efectúa usualmente por aire caliente a temperaturas desde 20, 50, 60, 65, 70 hasta 80 °C.

2.18. SECADO GERMINADO

Los granos germinados fueron sometidos al proceso de secado a 55°C por 24 horas en las cuales las reacciones enzimáticas alcanzaron a una humedad final 5 – 8% en el proceso final (Romo *et al.*, 2006). Además, en algunas especies, el proceso de deshidratación prolongada puede implicar la transformación en las semillas duras, por ende, se caracterizan porque se imbiben muy lentamente, este proceso es frecuente en algunas leguminosas (Pita y Perez, 1998). Los germinados de quinua se sometieron a secado en bandejas. En este proceso de secado se consideraron dos temperaturas 40 y 55°C, hasta alcanzar la humedad deseada por un tiempo de 105 minutos (1.75 horas) y 810 minutos (13.5 horas).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

Esta investigación se realizó en diversos lugares:

- El presente trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de Pastos y forrajes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional del Altiplano de Puno.
- El análisis de la capacidad antioxidante, se realizó en el laboratorio de análisis químico y laboratorio de Cromatografía y Espectrometría de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)
- El análisis de contenido de proteína y hierro, se realizó en el laboratorio de análisis fisicoquímico de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Los granos de cañihua de las variedades (Cupi y Ramis) fueron sometidos al proceso de germinación a diferentes temperaturas de 16 y 21 °C en distintos tiempos de 24, 48 y 72 horas. El proceso de secado se realizó a temperaturas de 50 y 60°C por 8 horas. Para ambos procesos se determinó la capacidad antioxidante, contenido proteico y hierro en función de diseño estadístico, Diseño completo al azar (DCA) y, así mismo, utilizó diseños ANOVA multifactorial.

3.3. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

3.3.1. Materiales y equipos para el germinado y secado de la cañihua

- **Materia prima e insumos**
 - Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) de dos variedades Cupi y Ramis

- **Reactivos**

- Agua destilada
- Agua de mesa (cielo)
- Agua potable
- Alcohol etílico de 95%
- Etanol absoluto C₂ H₅ OH (PuriQuim Reagent)
- Catalizadores: sulfato de cobre y sulfato de potasio
- Indicador: rojo de metilo y verde de cromo crisol
- Hexano
- Solución de ácido sulfúrico al 0,1N; 1,25% y 96%
- Solución de ácido bórico
- Solución de Fehling A
- Solución de Fehling B
- Solución de glucosa anhidra
- Solución de hidróxido de sodio al 0,1N; 1,25% y 50%

- **Materiales e instrumentos de laboratorio**

- Baguetas de vidrio
- Bandejas de metal acero inoxidable
- Buretas graduadas de 10 ml
- Coladores
- Desecador de vidrio
- Espátula
- Fiolas aforadas de 50 ml y 100 ml
- Tubos de ensayo
- Gradilla
- Matraces Erlenmeyer de 150 ml, 250 ml y 500 ml
- Pipetas graduadas de 1 ml, 5 ml y 10 ml
- Placas de Petri de 90 mm x 15 mm
- Probetas graduadas de 100 ml, 250 ml y 500 ml
- Soporte universal
- Termómetro
- Tubos de ensayo con tapa

- Vasos de precipitado de 50 ml y 250 ml
 - Jeringa de 1.5ml marca (Eppendorf Research Plus)
 - Envases de plástico
 - Pinzas
 - Pipetas volumétricas
 - Puntas desechables para micropipetas
 - Vernier digital Caliper (0-150 mm) marca Premium- TOOLSIZE
 - Papel filtro
 - Papel aluminio
 - Papel milimetrado
- **Equipos de laboratorio**
 - Balanza analítica, con una capacidad de pesado de 0.001g y Max 320g marca SARTORIUS
 - Detector de humedad marca H.W. KESSEL S.A 230 V 50/60 Hz
 - Vortex marca FIRED SPEED – Mini Vortexer
 - Centrifuga 1000rpm. marca GREETMED CENTRIFUGE
 - Baño Isotérmico, con temperatura regulable desde 5 °C hasta 110 °C. estabilidad ± 1 °C. marca J.P. SELECTA S.A. España.
 - Campana de absorción
 - Equipo Soxhlet y kjeldahl
 - Estufa, con temperatura regulable desde 30 °C hasta 220 °C. Marca MEMMERT, Alemania.
 - Mufla, con rango de temperatura de 0 °C – 1200 °C. marca THERMOLYNE TYPE 1500
 - Germinadora ACHIEVA, modelo A-3920-T, serie SDA-3920 (Ciclo de calor / frío, Ciclo de luz / oscuridad de modo, húmedo o seco Cámara)
 - Espectrofotómetro Génesis 20 Thermo Electron W-Vis Evolution 300
 - Refrigeradora Coldex
 - **Materiales para procesamiento de datos**
 - Laptop marca TOSHIBA.
 - Software: Microsoft Office 98.
 - Programa Statgraphics centurión XVI

3.4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.4.1. Diseño de la investigación

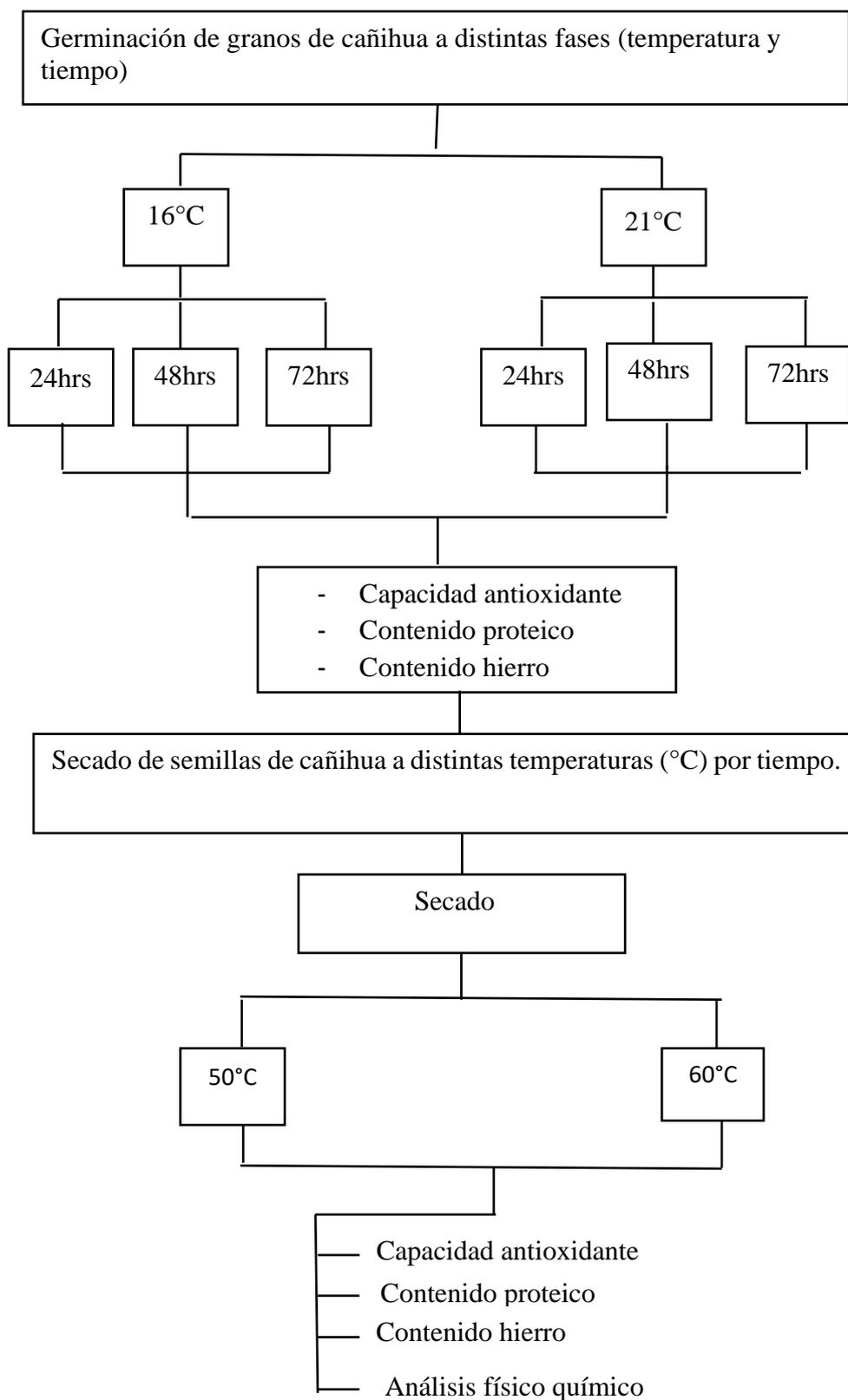


Figura 8: Flujo experimental para el germinado de semillas de la cañihua.

3.5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.5.1. Caracterización de la materia prima

La semilla de cañihua de variedad Cupi adquirido del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Salcedo- Puno y la variedad Ramis adquirido de Agropecuaria Capallino del Ingeniero Agrónomo Bartolomé Poma Machaca, respectivamente. Dicha materia prima fue adquirida como semilla, se puede observar en la figura 8.

Cañihua Cupi



Cañihua Ramis



Figura 9: Granos de cañihua.

3.5.2. Diagrama de flujo para el germinado de cañihua

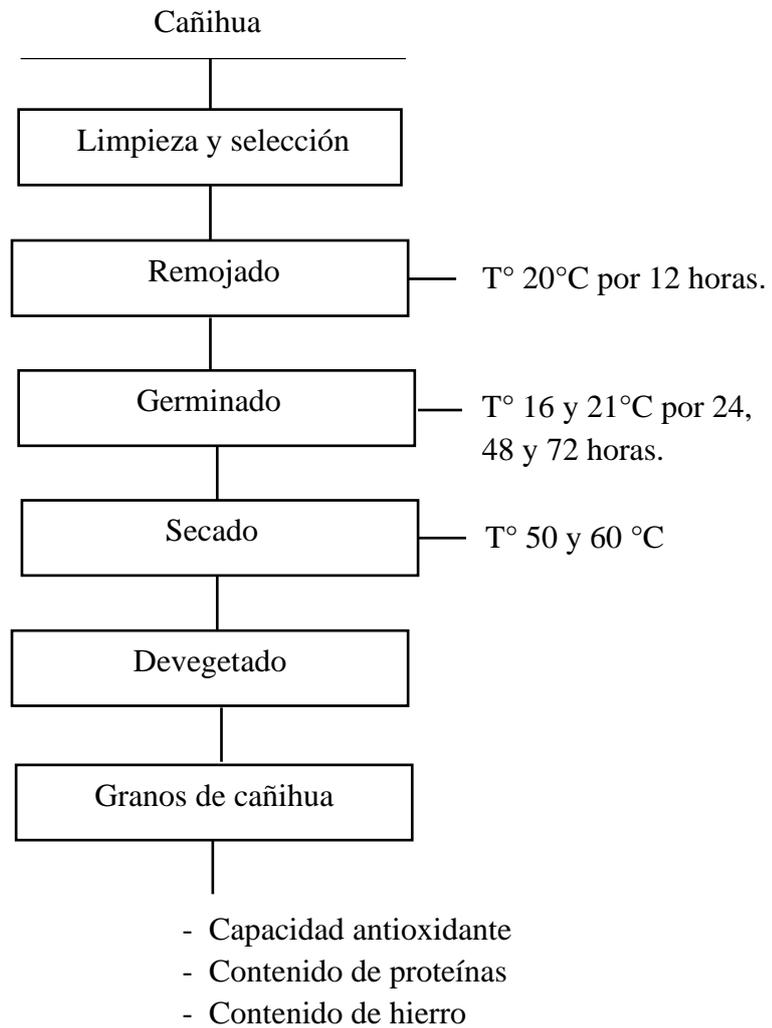


Figura 10: Diagrama del germinado de cañihua.

Descripción del proceso:

- a. **Limpieza.** Los granos de cañihua se sometieron a limpieza y selección, para eliminar partículas extrañas, con la finalidad de obtener y trabajar en condiciones de pureza y calidad.
- b. **Remojo.** Proceso por el cual el grano de cañihua se sometió en un recipiente por un tiempo de 12 horas a una temperatura de 20°C, en los cuales se realizó pruebas preliminares. Se observó en agua potable un menor porcentaje de germinación, así mismo, en agua tratada de marca “San Luis”; en cambio, en agua manantial se observó presencia de hongos, pero en agua tratada “Cielo” tuvo mejores resultados, ya que en las fichas técnicas estable es bajo en sodio en comparación de otras aguas tratadas. También, otros autores utilizaron agua desmineralizada y/o desionizada.
- c. **Germinado.** Las muestras después del remojo se colocaron en los germinadores a una temperatura de 16 y 21° C por 24, 48 y 72 horas. La germinación, se realizó con el objetivo de evaluar la capacidad antioxidante, contenido proteico y hierro del cañihua germinada.
- d. **Secado.** Los granos germinados se secaron en una estufa por un tiempo de 8 horas a 50 y 60°C, con la finalidad de inhibir su evolución biológica. Las muestras fueron acondicionadas, según a otros autores que tomaron datos similares en el secado de germinados de quinua entre 40 y 55°C (Choque y Molina, 2018).
- e. **Devegetado.** Luego del secado, en los granos secos, se eliminaron las raicillas y cascarillas manualmente, con el objetivo de evitar la absorción de agua.

3.5.3. Caracterización física

- a. **Humedad:** La humedad se determinó utilizando un detector de humedad de marca H.W. KESSEL 230 V 50/60 Hz, colocando 2 gr de cada muestra de las variedades de cañihua Cupi y Ramis. El tiempo de acción dependió de cada variedad y la cantidad de agua presente en la variedad, donde la muestra inicial inició con una humedad de ,40 a 56 % y la muestra final con una humedad de 11.18 a 13.39 %, aproximadamente. Así mismo, se utilizó estufa y determinó el porcentaje de humedad del grano germinado. Las muestras fueron secadas por 8 horas, luego se determinó por pesos (Anexos 71, 72, 73 y 74).

3.6. GERMINACIÓN DE CAÑIHUA DOS VARIEDADES CUPI Y RAMIS

Las semillas seleccionadas fueron sumergidas en agua por 12 horas a temperatura de 20°C para la activación de las semillas. Luego, se procedió con el lavado y enjuague por 2 minutos; seguidamente, se colocaron en bandejas estériles cada variedad por separado.

La germinación se llevó a cabo y las cámaras germinadoras pesaron 250 g cada variedad de cañihua, Cupi y Ramis. Luego, fueron germinados a temperaturas de 16 y 21 °C en la oscuridad durante 24, 28 y 72 horas para cada variedad (Anexo 83 y 84).

Los granos se airearon a mano, aproximadamente cada 8 h. El tiempo total de germinación incluyó desde el ingreso de la cañihua a la cámara germinadora.

3.7. MÉTODOS DE ANÁLISIS

Las 18 unidades de muestras que fueron sometidas a los siguientes análisis y/o determinaciones:

- Cuantificación de la capacidad antioxidante, se determinó por el método del DPPH- Método de Brand Williams por espectrofotometría (Trolox CI50g/100g)
- Determinaciones del contenido proteico(g/100gr)
- Determinación del contenido de hierro(mg/100g)
- Determinación de longitud de radícula (mm)
- Determinación de la composición proximal

3.8. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

3.8.1. Método DPPH – Método de Brand Williams

Este método es utilizado (Brand-Williams, Cuvelier y Berset, 1995). La determinación de la capacidad antioxidante se realizó siguiendo la metodología utilizada que fue por (Cardona, 2010). Así mismo, en figura 10, muestra la estructura de la reacción de reducción del radical DPPH (Chanamé y Cruz, 2017).

a la muestra y se colocaron los reactivos en el orden y volúmenes; cada tubo fue agitado aproximadamente por 15 segundos en el vortex y se mantuvieron en reposo por 30 minutos en oscuridad con el fin de obtener resultados. Transcurrido el tiempo establecido, se procedió a sus lecturas en el espectrofotómetro Genesis 20 Thermo Electron a 517nm. (Anexo 2) y con los datos obtenidos se elaboró la Curva de Calibración (Anexo 3).

3.8.3. Determinación de absorbancias en germinados de cañihua cupi y ramis

- a. **Procedimiento:** Determinación del porcentaje de inhibición del radical DPPH al 50% de las muestras de cañihua Cupi y Ramis, respectivamente germinados. Se preparó una solución de DPPH 0.096 mM (3.9 mg, respectivamente disueltos en 100 mL de etanol), cuya absorbancia máxima de la solución osciló entre 516-517 nm. De acuerdo al resultado se prepararon soluciones de control y se midieron sus absorbancias de cada muestra. Se determinó el PI al 50% para cada muestra de cañihua Cupi y Ramis germinados, seguidamente se prepararon tubos de ensayo, respectivamente rotulados colocándose los reactivos, luego se mezclaron en el vortex por 15 segundos y se mantuvieron en reposo en la oscuridad por 30 minutos. Al cabo del tiempo establecido, se procedió con la lectura de sus absorbancias utilizando el espectrofotómetro Genesis 20 Thermo Electrón cada 2 minutos (Ver Anexo 6). La ecuación utilizada para cada muestra con el fin de calcular el porcentaje de inhibición del radical DPPH al 50% es igual al IC50 de la concentración (Ver Anexo 4 y 5).

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{\text{Absorbancia control} - \text{absorbancia muestra}}{\text{Absorbancia control}} \times 100$$

3.9. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO PROTEICO

Se determinó el porcentaje de proteína y se realizó con el método de Kjeldahl donde ocurre la transformación de los compuestos nitrogenados encontrados en la muestra (cañihua), en amonio realizado por digestión con ácido sulfúrico concentrado en presencia de oxidantes. Se pesó las muestras 0.2 – 03gr luego se agregó la mezcla de sulfato de potasio y sulfato de cobre con la finalidad de acelerar la reacción, seguidamente se agregó también 2.5ml de ácido sulfúrico y se colocó en el balón de digestión, el proceso se termina. Cuando la muestra es fija que el balón es completamente cristalino. Se coloca la muestra para la fase

de destilación y se agregó 5 ml de hidróxido de sodio concentrado, luego se colocó el vapor para que se produzca la destilación y, así mismo, se conectó al refrigerante para recibir el destilado utilizando el Erlenmeyer de 5 ml de la mezcla contenido de ácido bórico más indicadores de pH y el proceso de destilación se finaliza cuando ya no ingresa amoníaco y hay viraje del indicador. Seguidamente, se procede a la titulación de ácido clorhídrico valoradas más o menos (0.05 N). Acto seguido, se anotó el gasto por método recomendado de la A.O.A.C, (2002).

$$\% \text{ Proteína} = \frac{V \times N \times \text{meqN} \times 100}{\text{Peso de la muestra}} \times 6.25$$

Donde:

V = volumen de gasto del ácido clorhídrico

N = normalidad del ácido

Meq = mili equivalente 14/1000

6.25 factor, relación nitrógeno-proteína 100/16

3.10. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HIERRO

Se empezó a moler y pesar 3g de muestra (cañihua germinada), ésta se llevó en una cápsula a la mufla para que sea carbonizada y, posteriormente, precalcinada durante 8 horas a temperatura 550°C hasta tener cenizas blancas. Luego, se retiró de la mufla, enfrió y se agregó 5 mL de ácido clorhídrico 1+1 a la cápsula con cenizas blancas y se puso en baño María hasta casi secar. Luego, se re disolvió del residuo con 5mL de ácido clorhídrico 1+1 y se dejó por 5 min, enseguida se adicionó agua desionizada, enfrió y aforó a 50 ml. La solución de la muestra estuvo lista para medir. Se realizó por triplicado cada muestra en el punto de los estándares y promedió las lecturas. También, se cuantificó el resultado de la absorbancia vs concentración (Valor C (ug/mL), respectivamente).

$$\text{Hierro} \frac{\text{mg}}{\text{Kg}} = C \times V/a$$

Donde:

C= concentración en ug/mL obtenidos por la interpolación en la curva de calibración de la muestra.

V = volumen de la muestra final

a= masa de la muestra en gramos Límite de detección: 0,11 ug/mL, Límite de cuantificación: 0,38 ug/mL Informar mg/Kg de Hierro sin decimal.

3.11. DETERMINACIÓN DE LONGITUD DE RADÍCULA

Se procedió a medir la longitud de radícula utilizando vernier digital calibre 0-150 mm de las dos variedades de cañihua Cupi y Ramis, respectivamente germinadas a temperaturas de 16 y 21°C por un tiempo de 24, 48 y 72 horas; fueron medidas por cada día, en el que se observó el crecimiento de la radícula que varió la longitud a mayor tiempo de germinación. Así mismo, la temperatura influye en el crecimiento de la radícula para ambas variedades de cañihua que fueron medidos (mm) con 5 repeticiones por muestra (Ver anexo 53 y 54).

3.12. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN PROXIMAL

La cañihua Cupi y Ramis, respectivamente germinadas y secados, fueron germinadas a temperatura de 16°C por 48 horas y secados a temperaturas de 50 y 60 °C y a temperatura ambiente durante 8 horas. Fueron analizadas físico-químico como la ceniza, proteína, grasa, fibra, carbohidratos y humedad, se realizó de acuerdo a los métodos (A.O.A.C, 2002).

A. Cenizas

Los granos germinados de cañihua Cupi y Ramis se colocó en los cristales limpios luego se procedió a poner en un horno utilizando la mufla y realizó incineración a una temperatura de 600°C por 1 hora (finalidad de quemar material inorgánico). Seguidamente, se colocó al desecador de manera inmediata para la absorción de humedad, hasta peso constante, realizando el método (A.O.A.C, 2002). Los cálculos se hicieron como sigue:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{Peso de ceniza}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

B. Grasa

Se utilizó el solvente hexano-éter para extraer la grasa de la muestra y se colocó en el matraz, respectivamente tapado (pesado) y por la diferencia de peso se obtuvo la cantidad de grasa de la muestra.

Se determinó el porcentaje de grasa por el método de Soxhlet, de extracción de grasas, para lo cual se hidroliza la muestra (cañihua) con ácido clorhídrico diluido, donde la masa obtenida que contiene las materias grasas se extrae con el éter, el solvente se evapora y el residuo se pesa. Primero se realizó con el pesado de 5g de muestra en un papel de filtro Whatman N°2, seguidamente se colocó el paquete en el cuerpo del aparato Soxhlet, luego se agregó hexano destilado el solvente y al someter al calor (68 84°C) se evaporó y la velocidad de goteo del hexano fue aproximadamente de 45 a 65 gotas por minuto; duró el proceso 3 horas y finalmente se retiró el matraz del aparato. Se utilizó el método 963.1 de la (A.O.A.C, 2002). Los cálculos se hicieron como sigue:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(\text{Peso de la materia con grasa} - \text{Peso matraz vacío}) \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

C. Fibra

Se determinó de la fibra cruda, la muestra exenta de grasa ésta se trata con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de potasio de concentraciones determinadas. El residuo se separa por filtración lavar, desecar y pesar el residuo insoluble, determinando, posteriormente su pérdida de masa por calcinación a 550°C. Se pesó 1g de muestra en un vaso de 600ml, seguidamente se procedió a hervir durante 30 minutos aproximadamente con 200ml de ácido sulfúrico al 1.25%, luego se procede al filtrado y el lavado con agua destilada caliente hasta neutralizar el contenido de la acidez para luego someter a estufa por 3 horas. Por último, se procede el pesado. Se aplicó el método 962.09 de la A.O.A.C, (1990). Los cálculos se hicieron como sigue:

$$\% \text{ Fibra} = \frac{(M1 - Mf)}{M} \times 100$$

Donde:

M1 = peso inicial después del someter a estufa

Mf = peso de las cenizas (final)

M = Peso de la muestra

D. Carbohidratos

Se determinó los carbohidratos por el método llamado Extracto libre de nitrógeno, NIFEX o carbohidratos solubles que consiste en restar 100 y la suma de todos los componentes obtenidos como: proteína, ceniza, grasa y fibra. La diferencia alcanzada es el NIFEX, en base seca que está constituido por hidratos de carbono soluble que son atraídos junto con otras sustancias, durante digestiones ácidas y alcalinas que fue determinado por el método (A.O.AC, 2002).

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{Ceniza} + \% \text{Proteina} + \% \text{Grasa} + \% \text{Fibra})$$

E. Humedad

En la cañihua germinada se determinó la humedad por la disminución de peso de la muestra al sujetarse a calentamiento en estufa, cuando es sometida a la acción a una temperatura de 100°C por 8 horas, hasta peso constante, método 925.23 de la A.O.A.C, (1990). Los cálculos se hicieron por triplicado como sigue, así mismo se determinó utilizando detector de humedad por cada muestra 2gr.

El contenido de humedad fue definido mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{(P1 - P2)}{P} \times 100$$

Donde:

P1: Peso de la placa + muestra inicial

P2: Peso de la placa + muestra final

P: Peso de la muestra

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA CAÑIHUA CUPÍ Y RAMIS EN EL PROCESO DE GERMINADO

En la tabla 22, se presenta la cañihua germinada a distintos tiempos y temperaturas de variedad Cupí y Ramis en la cual se puede observar ligeras variaciones en la capacidad antioxidante. En la figura 12, se puede contrastar con estos resultados de la cañihua germinada a temperaturas de 16 y 21°C por un tiempo de 24, 48 y 72 horas (Anexo 76). Se observa valores superiores en 48 horas a temperatura de 16°C de ambas variedades con el valor de estudio para la variedad de cañihua Cupí y Ramis con 2.725 y 2.863 Trolox CI50g/100g promedio en comparación de la muestra de control para cañihua Cupí y Ramis con 1.842 y 1.870 Trolox CI50g/, donde la capacidad antioxidante tuvo un ligero aumento por el proceso de germinado (Anexo 7 y 8).

Tabla 22: Resultados de la capacidad antioxidante de la cañihua germinada de las variedades Cupi y Ramis.

Obs	Tratamiento	Tiempo	Temperatura	CCG	CRG
1	T24_16	24	16	1.921	2.011
2	T24_16	24	16	1.913	2.019
3	T24_16	24	16	1.909	2.007
4	T24_16	24	16	1.884	2.002
5	T24_16	24	16	1.905	1.970
6	T24_21	24	21	2.026	2.414
7	T24_21	24	21	2.030	2.390
8	T24_21	24	21	2.052	2.432
9	T24_21	24	21	2.039	2.408
10	T24_21	24	21	2.030	2.438
11	T48_16	48	16	2.762	2.928
12	T48_16	48	16	2.715	2.893
13	T48_16	48	16	2.746	2.859
14	T48_16	48	16	2.685	2.842
15	T48_16	48	16	2.754	2.859
16	T48_21	48	21	1.688	1.821
17	T48_21	48	21	1.697	1.834
18	T48_21	48	21	1.721	1.817
19	T48_21	48	21	1.721	1.811
20	T48_21	48	21	1.709	1.821
21	T72_16	72	16	1.459	1.496
22	T72_16	72	16	1.452	1.508
23	T72_16	72	16	1.461	1.494
24	T72_16	72	16	1.452	1.506
25	T72_16	72	16	1.463	1.503
26	T72_21	72	21	2.368	2.238
27	T72_21	72	21	2.334	2.253
28	T72_21	72	21	2.339	2.217
29	T72_21	72	21	2.362	2.233
30	T72_21	72	21	2.379	2.233

CCG: Cañihua Cupi germinada; CRG: Cañihua Ramis germinada

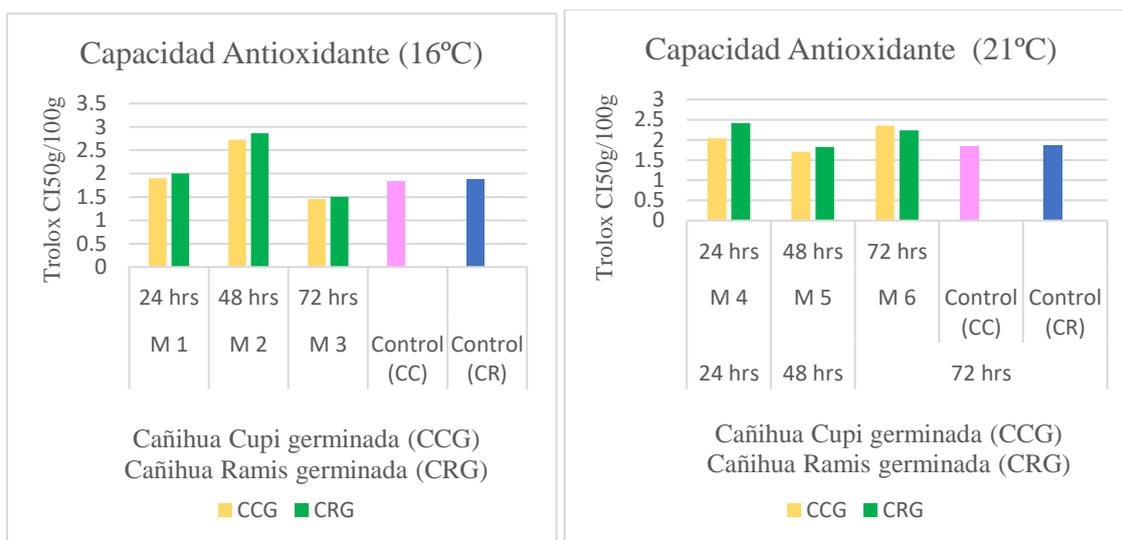


Figura 12: Capacidad antioxidante de la cañihua germinada de las variedades Cupi y Ramis.

Tabla 23: Análisis entre los factores tiempo y temperatura para la capacidad antioxidante (Cupi).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	de Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
A:Tiempo	2	0.54651207	0.27325603	849.19	<.0001**
B:Temperatura	1	0.00000653	0.00000653	0.02	0.8879 ns
A*B	2	4.68968607	2.34484303	7287.02	<.0001**
Error	24	0.00772280	0.00032178		
Total (Corregido)	29	5.24392747			

En la tabla 23, presenta el análisis de varianza entre factores de tiempo y temperatura para la capacidad antioxidante (Cupi). El valor $p < 0.05$ se consideran que son significativos en los 15 tratamientos con respecto al tiempo, pero en caso de la temperatura el valor $p > 0.05$, con el valor de 0.8879, lo que significa que no existe una diferencia significativa, pero en ambos factores (tiempo y temperatura) el valor $p < 0.05$ existe diferencia significativa altamente $<.0001$ en el proceso del germinado (Anexo 9 y 10).

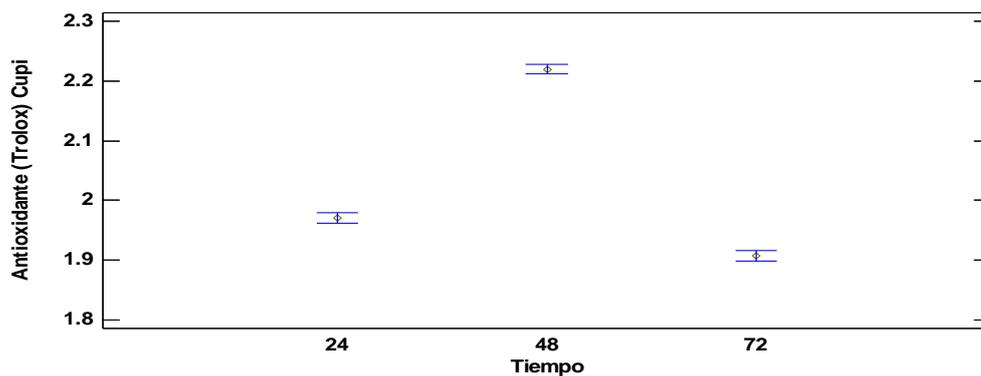


Figura 13: Capacidad antioxidante respecto al tiempo y temperatura de la cañihua Cupi.

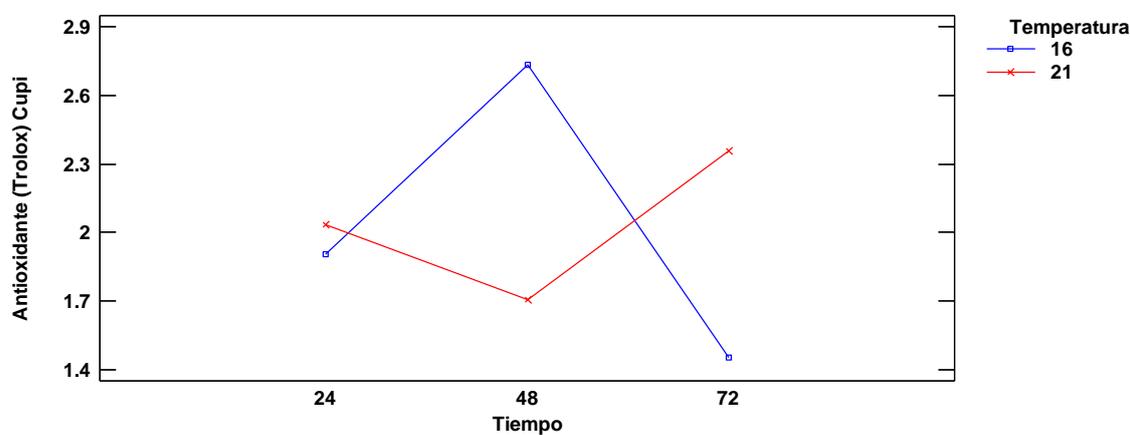


Figura 14: Variación de la capacidad antioxidante de la cañihua Cupi.

En las figuras 13 y 14, presenta la capacidad antioxidante respecto al tiempo y temperatura. Las intersecciones de todas las muestras son significativas por ser $P=0,0001 \leq \alpha = 0,05$, entonces todas las combinaciones de los dos factores son significativas de la variedad Cupi (Anexo 13 al 16).

Tabla 24: Análisis entre los factores tiempo y temperatura para la capacidad antioxidante (Ramis).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
A:Tiempo	2	1.22165840	0.61082920	1679.33	<.0001**
B:Temperatura	1	0.00714563	0.00714563	19.65	0.0002**
A*B	2	4.55194907	2.27597453	6257.26	<.0001**
Error	24	0.00872960	0.00036373		
Total (Corregido)	29	5.78948270			

La tabla 24 presenta el análisis de varianza entre factores de tiempo y temperatura para la capacidad antioxidante (Ramis). El valor $p < 0.05$ se considera que son significativos en los 15 tratamientos con respecto al tiempo y también en caso de la temperatura el valor $p < 0.05$, con el valor de 0.0002, significa que existe una diferencia significativa, pero, en ambos factores (tiempo y temperatura) el valor $p < 0.05$ donde existe diferencia significativa altamente $<.0001$ en el germinado de cañihua Ramis (Anexos 11 y 12).

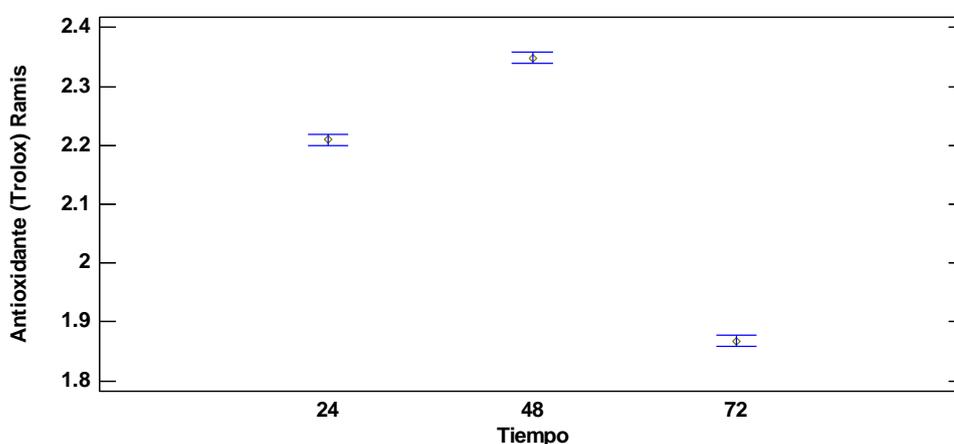


Figura 15: Capacidad antioxidante respecto al tiempo y temperatura de la cañihua Ramis.

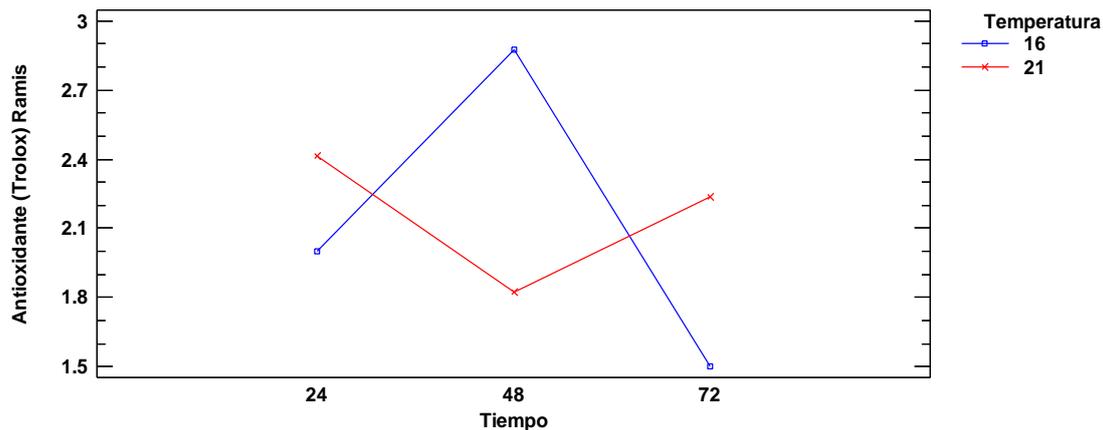


Figura 16: Variación de la capacidad antioxidante de la cañihua Ramis.

En las figuras 15 y 16, presenta la capacidad antioxidante respecto al tiempo y temperatura. Las intersecciones informan que todas las muestras son significativas por ser $P=0,0001 \leq \alpha = 0,05$, entonces todas las combinaciones de los dos factores son significativas de la variedad Ramis (Anexos 17 al 20).

El modelo de optimización resultante del programa STATGRAPHICS centurion XVI Se analizó ANOVA 2 x3 con 5 repeticiones por muestra para la capacidad antioxidante expresados en (Trolox CI50g/100g); resultando que existe diferencia altamente significativa entre los factores Tiempo con Temperatura, para la variable Cupi y Ramis, entonces las conclusiones se obtienen de la interacción, por lo que dejan de ser importante el factor tiempo a pesar de que es significativo en la tabla 23 y 24. Al mencionar un resultado elevadamente significativo para la capacidad antioxidante, cabe indicar a la mínima diferencia entre los 30 tratamientos de germinados; cifras de capacidad antioxidante para la optimización final del germinado. En la tabla 22 se pueden estimar la utilización de los niveles codificados de T24, T48 Y T72 para las variables independientes (cañihua Cupi y Ramis germinada). Los resultados fueron obtenidos por quintuplicado en la cañihua germinada de ambas variedades. En los resultados mostrados, se optimizaron el tiempo para la capacidad antioxidante en el proceso de germinado para ambas variedades de cañihua Cupi y Ramis, pero en el factor de temperatura, no se optimiza ya que tiene dos niveles, para optimizar se necesita mayor a dos niveles, por ende, se tomó las temperaturas más cercanas que fueron tomadas por otros autores. De los resultados obtenidos, los germinados de la cañihua Cupi resultó como el tiempo óptimo 47 horas. Precisamente, en los resultados evaluados a 48 horas muestran valores de 2.725(Trolox CI50 g/100 gr) de capacidad antioxidante; así mismo, para la

variedad de cañihua Ramis el tiempo óptimo 41 horas y los resultados para 48 horas muestran valores de 2.863 (Trolox CI50 g/100 gr) de capacidad antioxidante que observó un ligero aumento (Anexos 7 y 8). Así mismo, otros autores indican un mínimo porcentaje de aumento en la capacidad antioxidante en los germinados, cuyos resultados son los valores de $p < 0.05$ (Tabla 23 y 24). Pero en comparación de la muestra de control en el proceso de germinado existe un incremento en la capacidad antioxidante. Sin embargo, (Abderrahim *et al.*, 2012) observaron que la capacidad antioxidante en las plántulas de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Willd.), no aumentó en los días 2 y 4 de la germinación, por lo tanto, se debe a las condiciones óptimas para cada semilla. También, es probable que la capacidad antioxidante al germinar mayor tiempo se beneficia, pero no favorece las temperaturas mayores a la capacidad antioxidante. Por otra parte, (Al-Qabba *et al.*, 2020) en los germinados de quinua, la capacidad antioxidante aumentó, significativamente en los 3 a 6 días y sus propiedades funcionales contra el estrés oxidativo inducido por 14 ratas, indican que también que reducen, significativamente, la glucosa en la sangre, por ende, las lipoproteínas de baja densidad (LDL) aumenta de las lipoproteínas de alta densidad; son posibles beneficios para la salud. Sin embargo (Chu *et al.*, 2020), en los germinados de arroz silvestre chino, la actividad antioxidante, disminuyó inicialmente, pero después aumentó entre 36 y 120 horas. De la misma manera (Chu *et al.*, 2019), los antioxidantes en arroz salvaje chino durante la germinación, ocurre cambios durante el proceso de forma positiva sustancial entre las actividades enzimáticas. Por otro lado (Gan *et al.*, 2017), los antioxidantes a medida que avanza el tiempo de germinación, los fenólicos libres se secretan en las paredes celulares, por ende, forman nuevos compuestos fenólicos que están unidas y ayudan a la eliminación de las fracciones durante la germinación.

4.2. CONTENIDO PROTEICO DE CAÑIHUA GERMINADO (CUPÍ Y RAMIS)

Se muestran en la tabla 25, presenta el contenido proteico de la cañihua germinada de las variedades Cupí y Ramis, sometidos al proceso de germinación. Se observó variaciones en el contenido proteico de la misma manera, en la figura 17, Se puede contrastar con estos resultados de la cañihua germinada a temperaturas de 16 y 21°C por un tiempo de 24, 48 y 72 horas (Anexo 77). Se observa valores inferiores en todos los factores, en 48 horas a temperatura de 16°C de ambas variedades con el valor de estudio para la variedad de cañihua Cupí y Ramis con 7.39 y 5.88 g/100g en promedio en comparación de la muestra de

control para cañihua Cupi y Ramis, con 20.00 y 16.07 g/100g, donde en el contenido proteico hubo una disminución en el proceso de germinado.

Tabla 25: Resultados del contenido proteico de la cañihua germinada de las variedades Cupi y Ramis.

Obs	tratamiento	Tiempo	Temperatura	Cupi	Ramis
1	T24_16	24	16	10.12	10.97
2	T24_16	24	16	10.12	11.07
3	T24_16	24	16	10.27	10.93
4	T24_21	24	21	8.42	7.89
5	T24_21	24	21	8.05	7.99
6	T24_21	24	21	8.05	7.99
7	T48_16	48	16	7.42	5.88
8	T48_16	48	16	7.37	5.88
9	T48_16	48	16	7.37	5.88
10	T48_21	48	21	7.75	6.94
11	T48_21	48	21	7.65	7.04
12	T48_21	48	21	7.65	6.94
13	T72_16	72	16	11.27	10.25
14	T72_16	72	16	11.27	10.10
15	T72_16	72	16	11.42	10.10
16	T72_21	72	21	4.83	5.10
17	T72_21	72	21	4.90	5.17
18	T72_21	72	21	4.83	5.17

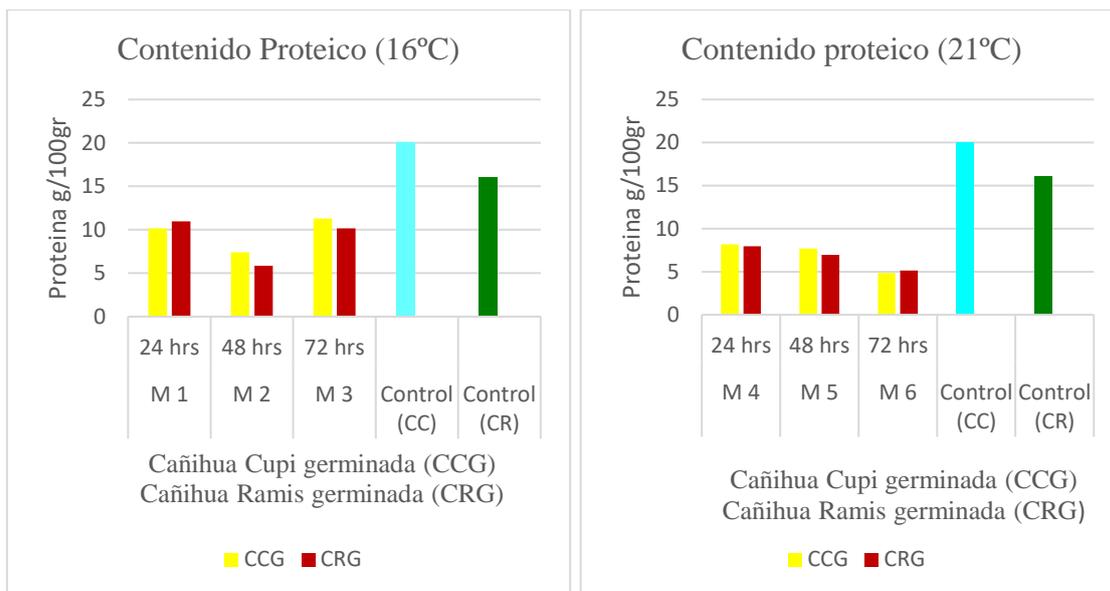


Figura 17: Contenido proteico de la cañihua germinada de las variedades Cupi y Ramis.

Se realizó el análisis de varianza para contenido proteico de la cañihua germinada de la variedad Cupi

Tabla 26: Análisis entre los factores tiempo y temperatura en el contenido proteico (Cupi).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	de Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
A:Tiempo	2	8.32047778	4.16023889	375.74	<.0001
B:Temperatura	1	33.34722222	33.34722222	3011.79	<.0001
A*B	2	35.49147778	17.74573889	1602.73	<.0001**
Error	12	0.13286667	0.01107222		
Total (Corregido)	17	77.29204444			

En la tabla 26, presenta el análisis de varianza entre los factores de tiempo y temperatura para el contenido proteico (Cupi). El valor $p < 0.05$ lo que significa que existe diferencia significativa en los 9 tratamientos, respecto al tiempo y la temperatura. Así mismo, en ambos factores (tiempo y temperatura) el valor $p < 0.05$ donde existe diferencia significativa altamente $< .0001$ en el proceso de germinado con respecto al contenido proteico de la cañihua Cupi (Anexos 21 y 22).

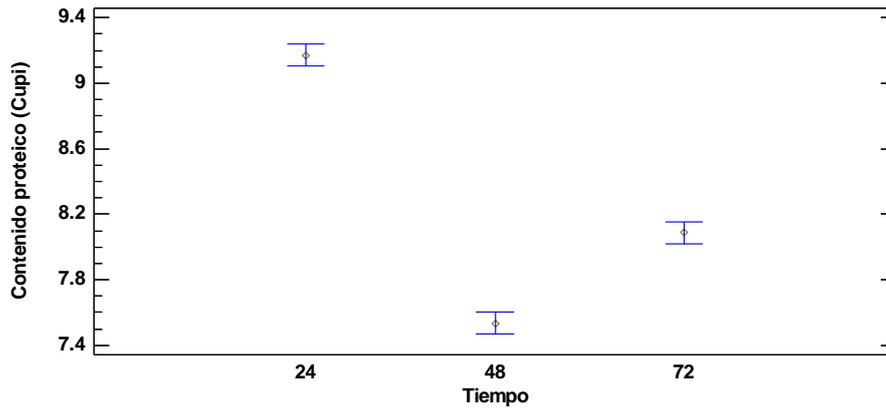


Figura 18: Contenido proteico respecto al tiempo y temperatura de la cañihua Cupi.

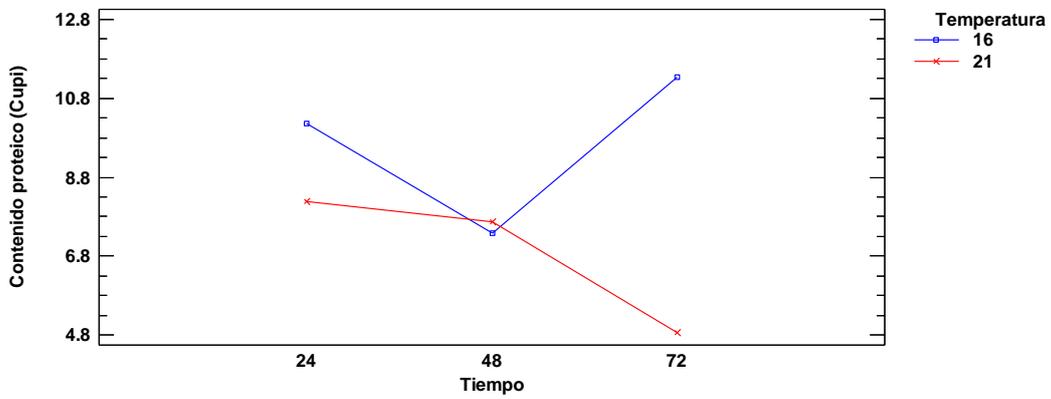


Figura 19: Variación del contenido proteico de la cañihua Cupi.

En las figuras 18 y 19, presenta el contenido proteico respecto al tiempo y temperatura. Las intersecciones manifiestan que todas las muestras son significativas por ser $P=0,0001 \leq \alpha = 0,05$, entonces todas las combinaciones de los dos factores son significativas de la cañihua de variedad Cupi (Anexos 24, 25, 26, 29 al 31).

Tabla 27: Análisis entre los factores tiempo y temperatura en el contenido proteico (Ramis).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
A:Tiempo	2	28.21054444	14.10527222	4030.08	<.0001
B:Temperatura	1	24.10493889	24.10493889	6887.13	<.0001
A*B	2	29.03981111	14.51990556	4148.54	<.0001
Error	12	0.04200000	0.00350000		
Total (Corregido)	17	81.39729444			

En la tabla 27, presenta el análisis de varianza en el contenido proteico en los germinados de cañihua (Ramis), el valor $p < 0.05$ que existe diferencia significativa altamente en los 9 tratamientos con respecto al tiempo y la temperatura con el valor $<.0001$ en el proceso de germinado de la cañihua de la variedad Ramis (Anexo 23, 27, 28).

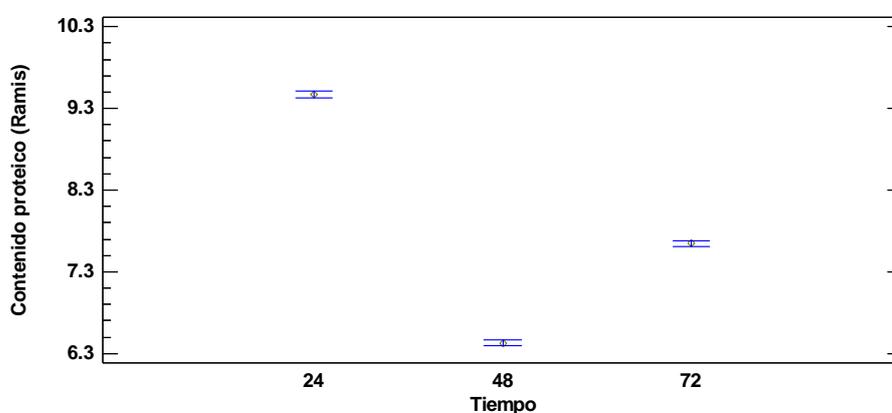


Figura 20: Contenido proteico respecto al tiempo y temperatura de la cañihua Ramis

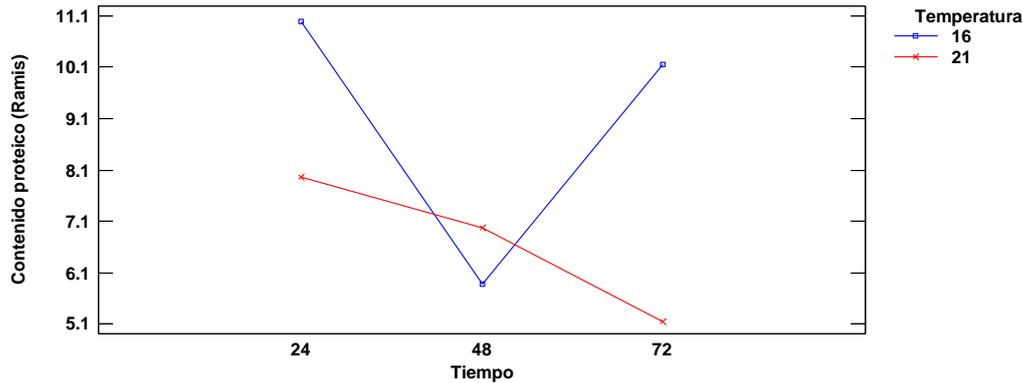


Figura 21: Variación del contenido proteico de la cañihua Ramis.

En las figuras 20 y 21, presenta el contenido proteico entre el tiempo y la temperatura que todas las muestras son significativas el valor $P=0,0001 \leq \alpha = 0,05$, todas las combinaciones de los dos factores son significativas de la cañihua variedad Ramis (Anexos 32 al 35).

Entonces, el modelo de optimización se realizó ANOVA 2 x3 con 3 repeticiones por muestra para el contenido proteico expresados en (g/100gr); resultando que existe diferencia altamente significativa entre los factores Tiempo con Temperatura, pero se obtienen de la interacción, por lo que dejan de ser importante el factor tiempo a pesar de que es significativo en la tabla 26 y 27, cañihua germinada de Cupi y Ramis. Por ser altamente significativo, se hace referencia mínima entre 18 tratamientos para el contenido proteico. Se puede observar los niveles codificados T24, T48 Y T72 en la tabla 25, cuyos resultados fueron triplicados, para ambas variedades se optimizaron el tiempo para el contenido proteico en el proceso de germinado de la cañihua Cupi y Ramis. Los resultados obtenidos para la cañihua Cupi el tiempo óptimo 54 horas, así mismo los resultados evaluados a 48 horas (16°C) muestran valores de 7.39g/100gr de proteínas, tienen una disminución significativa. De igual manera para la variedad de cañihua Ramis el tiempo óptimo 53 horas, pero el resultado 48 horas (16°C) con 5.88g/100gr de proteínas disminuyó, porque en el proceso de germinado afectó a las proteínas, ya que se convierten en enzimas y otras proteínas se solubilizan en agua. Es probable que ocurrió en este proceso de germinación, así como indican otros autores, respectivamente. Fischer *et al.* (2017), indican en semillas germinadas de quinua se evalúan las proteínas de albúminas en semillas lavadas y no lavadas cuyos resultados varió entre 11.7 y 27.0 mg mL⁻¹ y el contenido de globulina varió entre 15.3 y 31.9 mg mL⁻¹. También confirman que las proteínas de semilla disminuyeron significativamente cuando las semillas

se lavaron antes del análisis. Pero, la concentración de albúminas en las semillas lavadas fue inferior a la mitad de la concentración observada en las semillas sin lavar. Es probable, que el proceso de lavado resultó en la remoción o daño del endospermo externo, perdiendo algunas proteínas en el agua. Así mismo, (Cruz, 2017) germinó cañihua de tres variedades y evaluó las proteínas para la variedad naranja sin germinar 15.44% y germinado 8.20%, y en la variedad Illampu sin germinar 19.37% y germinado 8.27 % y también para la variedad purapurani sin germinar 19.24% y germinado 6.25% de proteínas, se disminuyeron entre 46,89 %, 57,31 % y 67,52 %. Por otra parte, (Torres *et al.*, 2018) reportaron los valores de proteínas en germinados de los granos de *Cajanus cajan* (frijol), por 96 horas, a 20°C en oscuridad, en los granos crudos se reportaron los valores de 24,7±0,07 g/100 g y en los granos germinados los valores 19,7±0,13 g/100 g indican que hay una disminución de las proteínas en germinados. De la misma manera, (Singh *et al.*, 2017) en el germinado de sorgo por diferentes tiempos germinados a 12, 24,36 y 48 horas a distintas temperaturas 25,30 y 35°C, mostraron cambios en las propiedades nutricionales y funcionales de la harina de sorgo germinada. También, indican que la germinación afectó inversamente el contenido de proteína cruda, grasa, fibra y cenizas. Se observaron que las proteínas se modificaron por la acción de enzimas, a mayor tiempo de germinación y condiciones de temperatura, lo que resulta en una solubilidad proteica, significativamente mayor. También (Shu-Jun *et al.*, 2016), indican en los germinados de arroz a distintos tiempos las proteínas durante la germinación fueron involucradas en la germinación de semillas (protrusión de coleoptilo) y plántulas (protrusión de coleoptilo y radícula). Las veintiséis manchas de proteínas involucradas en el metabolismo de azúcar (polisacáridos) y la producción de la energía durante la germinación de semillas, así mismo una cantidad de cuarenta y nueve proteínas involucradas en la biosíntesis de la pared celular (proteólisis) actúa como la defensa y el rescate celular que están para el establecimiento de plántulas, pero algunas proteínas mostraron un cambio al menos de 2.0 veces (aumentando o disminuyendo) en semillas germinadas, sin embargo, mostraron un cambio ≥ 2.0 veces en las semillas secas germinadas, indican que durante la germinación desempeña un papel importante en comparación de las semillas secas con 0.039 y las semillas germinadas con 0.028, lo que muestra una reducción de menos de 2.0 veces en el promedio de volumen de las manchas de proteínas. También indican que fueron las proteínas identificadas de la cadena de linoleato 9S-lipoxigenasa 2 y tubulina α -1 son potencialmente importantes para la germinación de semillas y participaron en la formación de raíces, por ello, aumentaron en abundancia en las plántulas. En los germinados de cañihua Cupi y Ramis, las proteínas disminuyeron porque los procesos de

germinación ocurren la degradación de las proteínas a aminoácidos, es llevada a cabo por enzimas específicas denominadas proteasas, que se sintetizan por la presencia de giberelinas liberadas por el embrión (Pita y Perez, 1998). Así mismo, las proteínas se solubilizan y se modifican, como las albúminas son solubles en agua, las globulinas se solubilizan en soluciones salinas diluidas y las prolaminas solubles en alcohol (Marassi, 2013). Pero (Davila *et al.*, 2003), en los germinados de leguminosas indican que aumentó en la digestibilidad de proteínas en el contenido de isoflavonas.

4.3. CONTENIDO DE HIERRO DE CAÑIHUA GERMINADO (CUPI Y RAMIS)

Se observa el número de muestras de la cañihua Cupi y Ramis germinada a temperaturas de 16 y 21°C por 24, 48 y 72 horas, fueron un total de 18 muestras, pero en ambas variedades el comportamiento del contenido de hierro con respecto al tiempo y temperatura (Anexo 81).

Tabla 28: Número de tratamientos respecto al contenido de hierro (Cupi y Ramis).

Obs	tratamiento	Tiempo	Temperatura	Cupi	Ramis
1	T24_16	24	16	15.66	15.82
2	T24_16	24	16	15.75	15.86
3	T24_16	24	16	15.69	15.94
4	T24_21	24	21	17.76	17.82
5	T24_21	24	21	17.81	17.87
6	T24_21	24	21	17.71	17.91
7	T48_16	48	16	15.35	13.68
8	T48_16	48	16	15.42	13.64
9	T48_16	48	16	15.38	13.73
10	T48_21	48	21	16.75	16.57
11	T48_21	48	21	16.69	16.63
12	T48_21	48	21	16.72	16.54
13	T72_16	72	16	16.12	15.98
14	T72_16	72	16	16.18	15.87
15	T72_16	72	16	16.18	15.91
16	T72_21	72	21	15.76	16.95
17	T72_21	72	21	15.76	16.92
18	T72_21	72	21	15.72	16.97

En la Tabla 28, se observa las 18 muestras de las variedades de cañihua Cupi y Ramis respectivamente germinadas a distintos tiempos y temperaturas respecto al contenido de hierro.

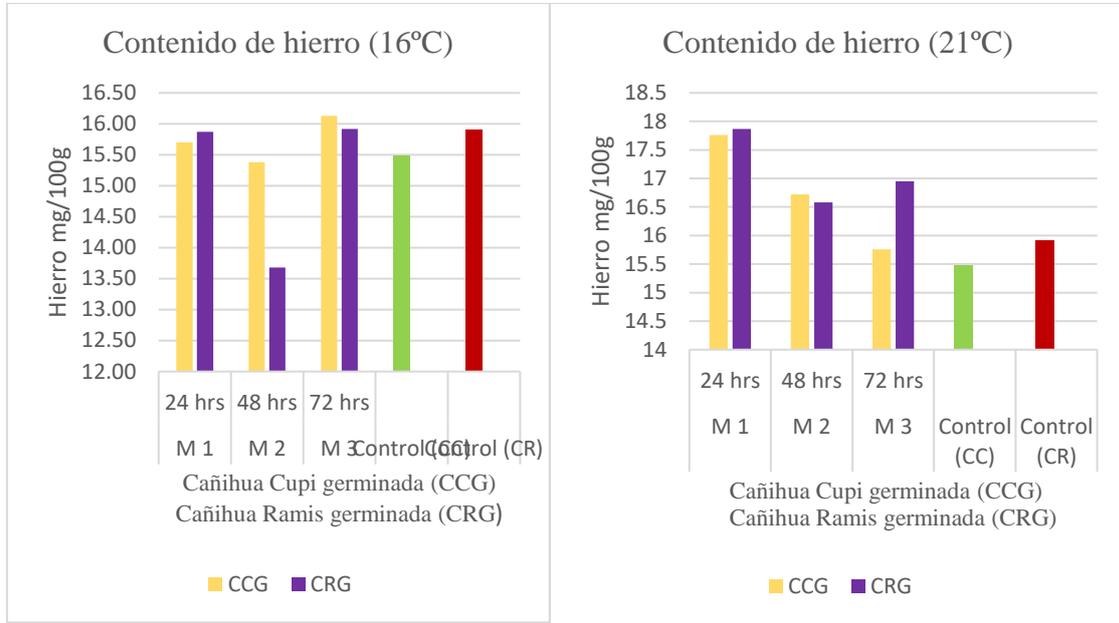


Figura 22: Contenido de hierro de la cañihua germinada de las variedades Cupi y Ramis.

Se realizó el análisis de varianza para contenido de hierro de la cañihua germinada de la variedad Cupi

Tabla 29: Análisis entre los factores tiempo y temperatura para contenido de hierro de la variedad Cupi.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	de Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
A:Tiempo	2	2.18741111	1.09370556	624.97	<.0001
B:Temperatura	1	4.58035556	4.58035556	2617.35	<.0001
A*B	2	4.67041111	2.33520556	1334.40	<.0001 **
Error	12	0.02100000	0.00175000		
Total (Corregido)	17	11.45917778			

La tabla 29, presenta el análisis de varianza entre los factores de tiempo y temperatura para el contenido de hierro (Cupi). El valor $p < 0.05$ se consideran que son significativos en los 9

tratamientos en ambos factores (tiempo y temperatura) que existe diferencia significativa altamente $<.0001$, evaluando el contenido de hierro en el proceso de germinado de la cañihua de la variedad Cupi (Anexos 36, 37, 39 y 40).

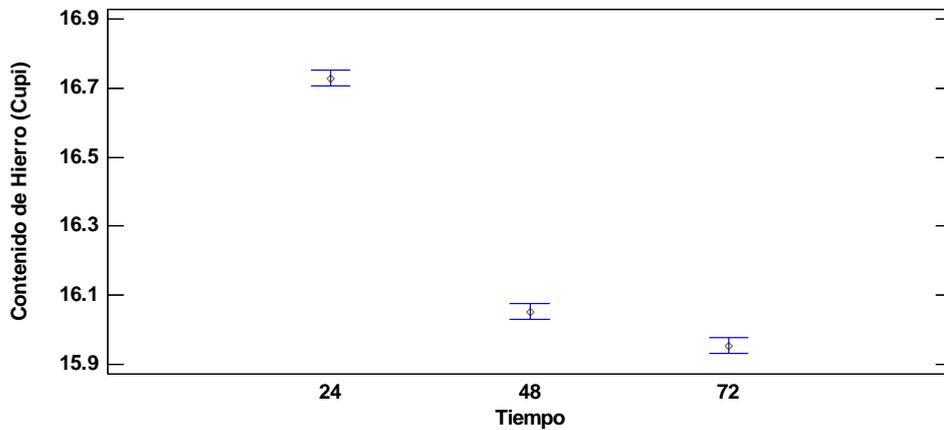


Figura 23: Contenido de hierro respecto al tiempo y temperatura de la cañihua Cupi.

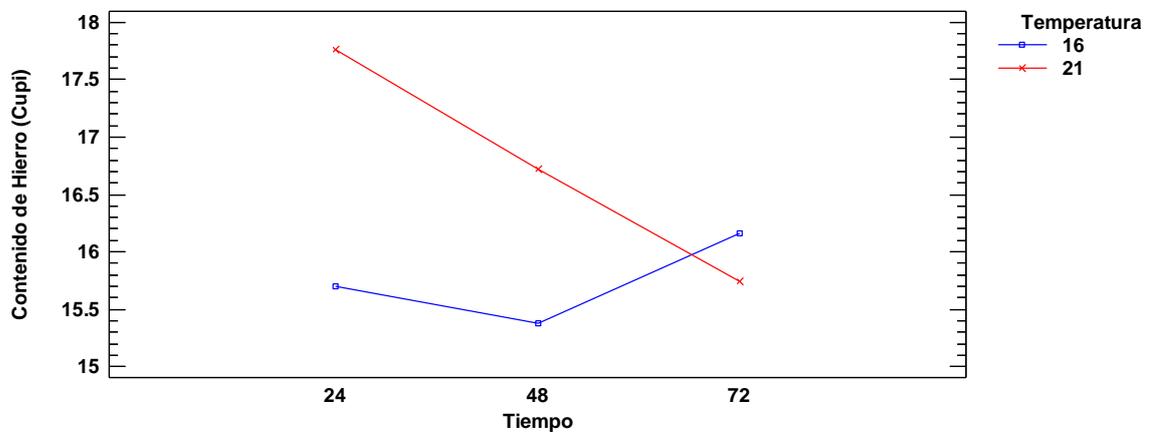


Figura 24: Variación del contenido de hierro de la cañihua Cupi.

En las figuras 23 y 24, presenta el contenido de hierro de la cañihua de la variedad Cupi, respecto al tiempo y temperatura, las intersecciones informan que todas las muestras son significativas el valor $P=0,0001 \leq \alpha = 0,05$, los dos factores son significativos (44, 45 y 46).

Tabla 30: Análisis entre los factores tiempo y temperatura para contenido de hierro de la variedad Ramis.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	de Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
A:Tiempo	2	9.81363333	4.90681667	2159.48	<.0001
B:Temperatura	1	17.50347222	17.50347222	7703.24	<.0001
A*B	2	2.62367778	1.31183889	577.34	<.0001
Error	12	0.02726667	0.00227222		
Total (Corregido)	17	29.96805000			

La tabla 30, presenta el análisis de varianza para el contenido de hierro (Ramis). En el proceso de germinado de la cañihua Ramis donde se evaluó el contenido de hierro. El valor $p < 0.05$ que indica que existe diferencia significativa altamente con respecto al tiempo y la temperatura, lo que significa que existe una diferencia significativa en ambos factores (tiempo y temperatura), (Anexo 38,39, 42 y 43).

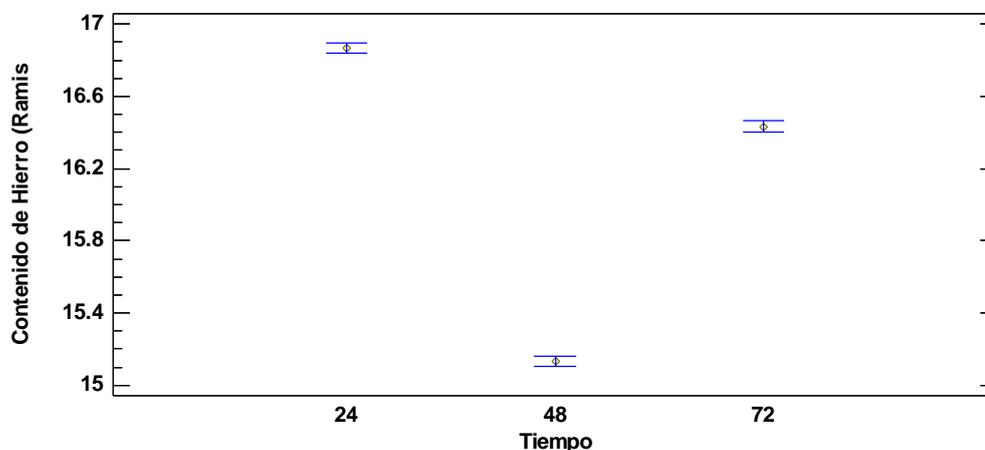


Figura 25: Contenido de hierro respecto al tiempo y temperatura de la cañihua Ramis.

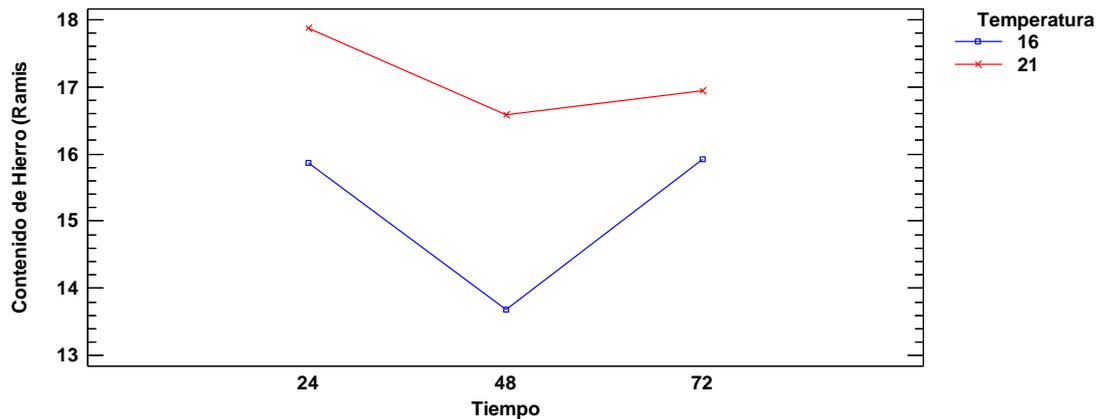


Figura 26: Variación del contenido de hierro de la cañihua Ramis.

En las figuras 25 y 26, presenta el contenido proteico en todas las combinaciones y son significativos el valor $P=0,0001 \leq \alpha = 0,05$, entonces en los dos factores son significativas respecto al tiempo y la temperatura de la cañihua Ramis (Anexos 47, 48, 49 y 50).

Se analizó ANOVA 2 x3 con 3 repeticiones por muestra para el contenido de hierro expresados en (mg/100g); resultando que existe diferencia altamente significativa entre los factores Tiempo con Temperatura, para la variable Cupi y Ramis. Entonces, las conclusiones se obtienen de la interacción, por lo que dejan de ser importante el factor tiempo a pesar de que es significativo en la tabla 29 y 30. Al indicar un resultado altamente significativo para el contenido proteico, se indican a la mínima diferencia entre los 18 tratamientos en el contenido de hierro para la optimización final del germinado. Los resultados fueron triplicados para ambas variedades de cañihua, el factor de Temperatura no se optimiza ya que tiene dos niveles; para optimizar se necesita mayor a dos niveles, por ende, se tomó las temperaturas más cercanas que fueron tomadas por otros autores. Pero los factores de tiempo se optimizaron en ambas variedades de cañihua Cupi y Ramis. En los germinados de cañihua de variedad Cupi resultó el tiempo óptimo 65 horas y los resultados para 48horas (16°C) muestran valores de 15.38 mg/100gr de hierro, también para la variedad de cañihua Ramis el tiempo óptimo 50 horas y los resultados para 48 horas (16°C), muestran valores de 13.68 mg/100gr de hierro con ligero aumento en ambas variedades (Anexo 77), cuyos resultados son los valores entre muestra control y germinado. Existe un ligero aumento porque el hierro es considerado como minerales inmóviles así como indican otros autores, (Bravo *et al.*, 2013), los germinados de quinua y kiwicha los valores que fueron encontrados para quinua sin germinar 4.2 mg% de hierro y para quinua germinada con 4,56 mg% de hierro, así

mismo para kiwicha sin germinar el valor de 7,6 mg% de hierro y para kiwicha germinada 7,74 de hierro que hay un ligero aumento confirman, también (Aliaga *et al.*, 2017), en los germinados de cañihua, se indican los valores para el hierro en los granos de cañihua sin germinar con 13,21 mg/100g y en los granos germinados con 16.80 mg/100g de hierro. En Ecotipo naranja y variedad Purapurani sin germinar con 13.72 mg/100 de hierro y en granos germinados de Ecotipo naranja y variedad Purapurani 13.80mg/100 de hierro, hay un mínimo incremento con 27 % de hierro. Así mismo (Huaranga y Hans, 2019), indican en los granos de quinua presentó un ligero incremento de hierro de 1,02 % en germinados de quinua. También (Huayllas *et al.*, 2020), en los germinados de quinua de las variedades Blanquita, Intinayra, Kurmi, Jacha Grano y Phisanq'alla se observaron que el contenido de hierro y vitamina incrementan en los germinados según la variedad, con un promedio de 65.72g con la densidad 2 (30g/144cm²). Pero (Lemmens *et al.*, 2019), en los germinados de trigo que sometieron a maceración (8-36h), a temperaturas (15-40°C), el tiempo de germinación fueron (0-12h) a una temperatura (8-36h), fueron remojados durante 36h a 15°C para la germinación en 120h a 26°C, indican que disminuyó el contenido de fitato (hierro y zinc) de 0.96 a 0.65% de materia seca inicial, pero la bioaccesibilidad de hierro y zinc en los granos de trigo fueron de 5 a 3% y en los granos germinados de trigo fueron de 6 y 8%, así también, se conservó la matriz celular y fueron interrumpidos mecánicamente el 22 y 21%. Indican que la maceración y germinación pueden mejorar sustancialmente en la bioaccesibilidad mineral. Por otra parte (Martinez, 2019), en los germinados de lenteja se evaluó la concentración de hierro durante la germinación (10 días). Indica que no hubo variación significativamente el p-valor=0.269, lo germinaron de 18 a 20°C a una humedad de 80% y 95%, sin luminosidad. Obtuvieron los siguientes resultados en la concentración de hierro en el primer día (1) 1215 ±0,53 mg% g, día (2) 11,48±1,41 mg% g, día (4) 10,18±0,45 mg% g, día (6) 11,21±1,20 mg% g, día (8) 9,23±1,29 mg% g y día (10) 10,68±1,59 mg% g. Finalmente, la concentración de hierro en el proceso de germinado no presentó variación significativa, pero es una ventaja la germinación en comparación del proceso de cocción, ya que pierden en agua muchas vitaminas y minerales. Por ende, en los germinados de cañihua Cupi y Ramis tampoco se encontró un nivel de significancia, pero el proceso de germinado tiene muchas ventajas como acaban de indicar la mayoría de los autores con los resultados similares en hierro.

4.4. LONGITUD DE RADÍCULA DE LA CAÑIHUA CUPÍ Y RAMIS

En la tabla 31, se determinó la longitud de radícula en las variedades de cañihua Cupí y Ramis germinados a temperatura 16° C por 24,48 y 72 horas, expresados en mm (vernier digital), realizados con 5 repeticiones para ambas variedades de la cañihua Cupí. El valor obtenido fue del 3.16 mm % Min y 15.52mm % Max y cañihua Ramis el valor obtenido fue del 4.36 mm % Min y 23.79mm% Max (ver Anexo 51).

Tabla 31: Longitud de radícula de la cañihua Cupí y Ramis (germinado a T 16°C).

Tiempo (hrs)	Temperatura (°C)	Longitud de la radícula (mm), Promedio - Cupí	Longitud de la radícula (mm), Promedio - Ramis
24 horas	16	3.16	4.36
48 horas	16	7.60	11.20
72 horas	16	13.25	18.00

En la tabla 32, presenta la longitud de radícula en las variedades de cañihua Cupí y Ramis germinados a temperatura 21° C por 24, 48 y 72 horas, expresados en mm (vernier digital), realizados con 5 repeticiones para ambas variedades de la cañihua Cupí el valor obtenido fue del 3.16 mm % Min y 15.52mm % Max y cañihua Ramis el valor obtenido fue del 4.36 mm % Min y 23.79mm% Max (ver Anexo 52).

Tabla 32: Longitud de radícula de la cañihua Cupí y Ramis (germinado a T 21°C).

Tiempo (hrs)	Temperatura (°C)	Longitud de la radícula (mm), Promedio - Cupí	Longitud de la radícula (mm), Promedio - Ramis
24 horas	21	6.72	8.79
48 horas	21	10.90	14.45
72 horas	21	15.52	23.79

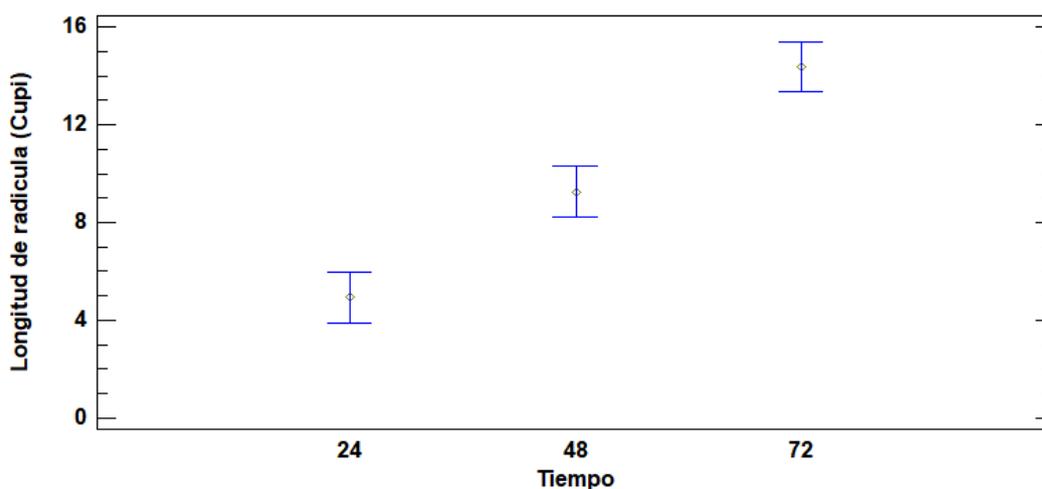


Figura 27: Comparación de medias para temperatura y tiempo de la variable de longitud de radícula, del germinado de cañihua Cupi.

Tabla 33: Análisis de varianza para el DCA de longitud de radícula (Cupi).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tiempo	89.4349	2	44.7174	192.15	0.0052
B:Temperatura	13.8928	1	13.8928	59.70	0.0163
Residuos	0.465433	2	0.232717		
Total (Corregido)	103.793	5			

La tabla 33, presenta que existe una diferencia significativa en la longitud de radícula de cañihua Cupi ($p < 0.05$), infiriendo que el proceso de germinado tuvo influencia (Ha se acepta). La longitud de radícula en el germinado a temperatura 21°C por 72 horas, presentó el valor más alto (15.52mm), mientras que para la longitud de radícula en germinado (temperatura 16 por 24 horas), presentó el menor valor (3.16mm) y la longitud de radícula que fue germinado a temperatura 16 por 72 horas se mostró un valor intermedio 13.25mm.

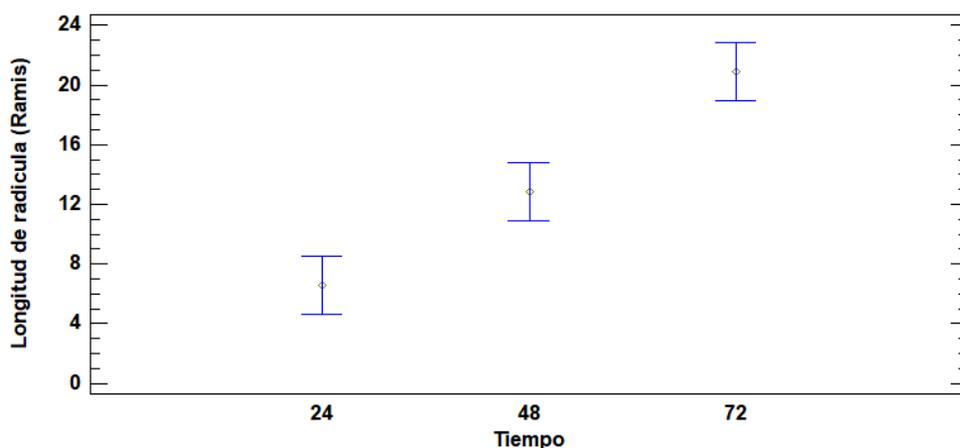


Figura 28: Comparación de medias para temperatura y tiempo de la variable de longitud de radícula, del germinado de ñihua Ramis.

Tabla 34: Análisis de varianza para el DCA de longitud de radícula (Ramis).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tiempo	206.167	2	103.083	127.61	0.0078
B:Temperatura	30.2401	1	30.2401	37.44	0.0257
Residuos	1.6156	2	0.8078		
Total (Corregido)	238.022	5			

Los resultados mostrados en la tabla 33 y 34, determinó la longitud de radícula en los germinados de cañihua Cupi y Ramis. Existe una diferencia significativa para la variedad de cañihua Cupi, la longitud de radícula en 72 horas a temperatura de 21°C, presentó el valor más alto con 15.52 mm, mientras en los germinados de 24 horas a temperatura 16°C, el valor más bajo con 3.16 mm. Así mismo, para la variedad de cañihua Ramis germinados en 72 horas a temperatura de 21°C, alcanzó el valor más alto con 23.79 mm, mientras tanto, el valor más bajo se presentó en 24 horas a temperatura 16°C con 4.36 mm. Se puede observar la longitud de radícula de ambas variedades como son Cupi (CC) y Ramis (CR), las diferencias entre valores reportados experimentalmente para la longitud de radícula, influyen positivamente en la temperatura y el tiempo; las muestras realizadas fueron con 5 repeticiones por muestra. Así mismo (Aliga et al., 2017), en los germinados de cañihua en dos ecotipos, que fueron germinados a temperatura de 10°C por 25 horas indican que empieza a formarse la radícula en los dos ecotipos con una longitud de radícula con 2,8 mm

para el ecotipo naranja y 1,89 mm para la Purapurani y los cotiledones se formaron en 7 días con 25,14 y 15, 25, el ecotipo naranja y Purapurani. A temperatura de 20°C, indican que comenzó a formarse la radícula para el ecotipo naranja alcanzando desde el día cero con 2,6 mm y en los 4 días del germinado alcanzaron a 28,17mm. Igualmente, a temperatura de 30°C se desarrollaron la radícula y cotiledón, en 3 días alcanzaron con 36,16 mm y 30,20 mm de longitud para las ambos ecotipos. También, afirman que a mayor temperatura se observaron la presencia de hongos que afectan negativamente al producto. De la misma manera (Huayllas *et al.*, 2020), en los germinados de quinua (cinco variedades) por 48 a 96 horas se observaron la longitud del cotiledón, fue según las variedades; para la variedad Phisanq'alla con promedio de 23.77 mm y Kurmi con 23.15 mm. El mejor promedio en la longitud de radícula es Jacha Grano con una media de 32.6 mm y Blanquita con un promedio de 29.62 mm, ambos con la densidad 1 (15g/144cm²). De la misma manera (Bendezú, 2018), en los germinados de quinua de tres variedades, para la quinua roja los valores para la longitud de radícula en 16 horas es de 0.6cm - 0.5cm, con 32 horas la longitud de radícula 0.7cm - 0.8cm y para 48 horas la longitud de radícula 1.7cm – 1.8cm y también para la variedad de quinua negra a 16 horas la longitud de radícula 0.5cm – 0.3cm, para 32 horas la longitud de radícula 0.5cm – 0.5cm y en tiempo de 48 horas la longitud de radícula los valores de 1.4 cm – 1.7cm, respectivamente; en cambio, para la variedad de quinua blanca a 16 horas los valores de 0.1 – 0.3cm y para 32 horas 0.4 – 0.5 y finalmente para 48 horas 0.6 – 0.8cm. Así mismo (Aguilar, 2017), en el germinado de quinua que fueron sometidos a una temperatura de 25°C por 48 horas. Cada 8 horas se humectaron lo cual se observó el crecimiento del embrión hasta una longitud promedio de 7 a 10 mm. También (Bravo *et al.*, 2013), en los germinados de quinua el crecimiento de radículas en 24 horas crecieron entre 1.0 y 1.5 centímetros, pero en los germinados de kiwicha el tiempo de germinación fue doble por la dureza del grano. En cambio (Bakhshy *et al.*, 2020), en las radículas encontraron menor cantidad de proteínas en los germinados de la semilla trigonella pérsica. Por otra parte (Gutiérrez-Hernández *et al.*, 2020), en los germinados de las semillas de tobalá (*A. potatorum*), observaron el contenido de lípidos y en la germinación disminuyeron con el tiempo de recolecta; la producción de plántulas dependió esencialmente de los lípidos.

4.5. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE CAÑIHUA GERMINADO Y SECADO (CUPI Y RAMIS)

En la tabla 35, se presenta la cañihua germinada y secado a distintas temperaturas de 50 y 60 de la variedad Cupi y Ramis por un tiempo de 8 horas; haciendo una comparación entre las muestras de control en ambas variedades son 30 muestras observadas (Anexo 81).

Tabla 35: Capacidad antioxidante del germinado y secado de cañihua Cupi y Ramis.

obs	Tratamiento	Variedad	Temperatura	Trolox
1	CCGS50	CUPI	50	1.737
2	CCGS50	CUPI	50	1.608
3	CCGS50	CUPI	50	1.608
4	CCGS50	CUPI	50	1.600
5	CCGS50	CUPI	50	1.567
6	CCGS60	CUPI	60	1.396
7	CCGS60	CUPI	60	1.424
8	CCGS60	CUPI	60	1.406
9	CCGS60	CUPI	60	1.412
10	CCGS60	CUPI	60	1.416
11	CCTA	CUPI	TA	1.982
12	CCTA	CUPI	TA	1.855
13	CCTA	CUPI	TA	1.841
14	CCTA	CUPI	TA	1.841
15	CCTA	CUPI	TA	1.831
16	CRGS50	RAMIS	50	1.728
17	CRGS50	RAMIS	50	1.695
18	CRGS50	RAMIS	50	1.758
19	CRGS50	RAMIS	50	1.728
20	CRGS50	RAMIS	50	1.771
21	CRGS60	RAMIS	60	1.912
22	CRGS60	RAMIS	60	1.870
23	CRGS60	RAMIS	60	1.820
24	CRGS60	RAMIS	60	1.856
25	CRGS60	RAMIS	60	1.850
26	CRTA	RAMIS	TA	1.926
27	CRTA	RAMIS	TA	1.854
28	CRTA	RAMIS	TA	1.944
29	CRTA	RAMIS	TA	1.785
30	CRTA	RAMIS	TA	1.897

CCGS: Cañihua Cupi germinada y secado; CRGS: Cañihua Ramis germinada y secado
 CCTA: Cañihua Cupi (secado temperatura ambiente); CRTA: Cañihua Ramis (secado temperatura ambiente)

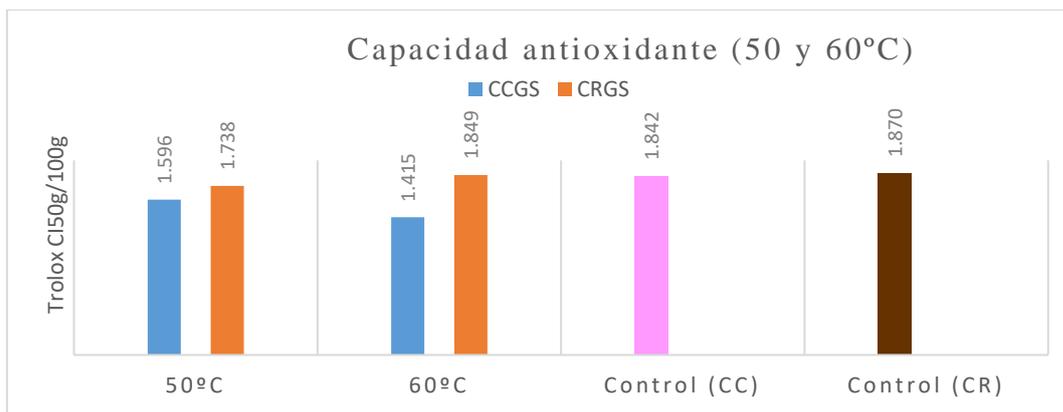


Figura 29: Capacidad antioxidante de la cañihua Cupi y Ramis secados a 50 y 60°C.

En la figura 29, se observa el comportamiento de la capacidad antioxidante de la cañihua Cupi y Ramis secadas a temperaturas de 50 y 60°C por un tiempo de 8 horas. Se observa valores superiores en temperatura de 50°C de ambas variedades con el valor de estudio para la variedad de cañihua Cupi con 1.596 Trolox CI50g/100gr, pero ocurrió lo contrario en la cañihua Ramis en 60°C. Son valores superiores con 1.849 Trolox CI50g/100gr en promedio en comparación de la muestra de control para cañihua Cupi y Ramis con 1.842 y 1.870 CI50g/100gr, donde las capacidades antioxidantes fueron afectadas por el proceso de secado; en la variedad de Ramis es probable que ocurra con la reacción de maillard. Las muestras fueron quintuplicadas.

Tabla 36: Análisis entre los factores variedad y temperatura para capacidad antioxidante.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
A:variedad	1	0.27456333	0.27456333	114.12	<.0001**
B:Temperatura	2	0.32496720	0.16248360	67.53	<.0001**
A*B	2	0.26516187	0.13258093	55.11	<.0001**
Error	24	0.05774280	0.00240595		
Total (Corregido)	29	0.92243520			

Tabla 37: Coeficiente de variable media para capacidad antioxidante (Trolox) de la variedad Cupi y Ramis.

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	Media (Trolox)
0.937402	2.834305	0.049050	1.730600

Existe diferencia entre la interacción de variedad con temperatura, por lo que se debe realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey (Ver Anexos 55 al 58).

La tabla 36 y 37, presenta el análisis de varianza para la capacidad antioxidante (Cupi y Ramis), en el proceso de secado. El valor $p < 0.05$ significa que existe diferencia significativa en los 30 tratamientos, en ambos factores entre la variedad y temperatura, el valor $p < 0.05$, significa que existe una diferencia significativa altamente $< .0001$. La verificación de los supuestos de normalidad de ANOVA sí cumple en la capacidad antioxidante de la variedad Cupi y Ramis en el proceso de secado (Anexo 59).

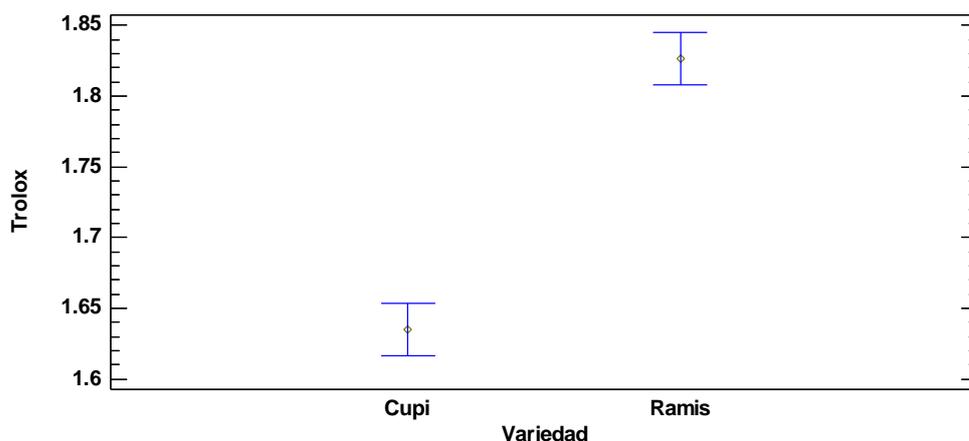


Figura 30: Variación de capacidad antioxidante de la cañihua Cupi y Ramis.

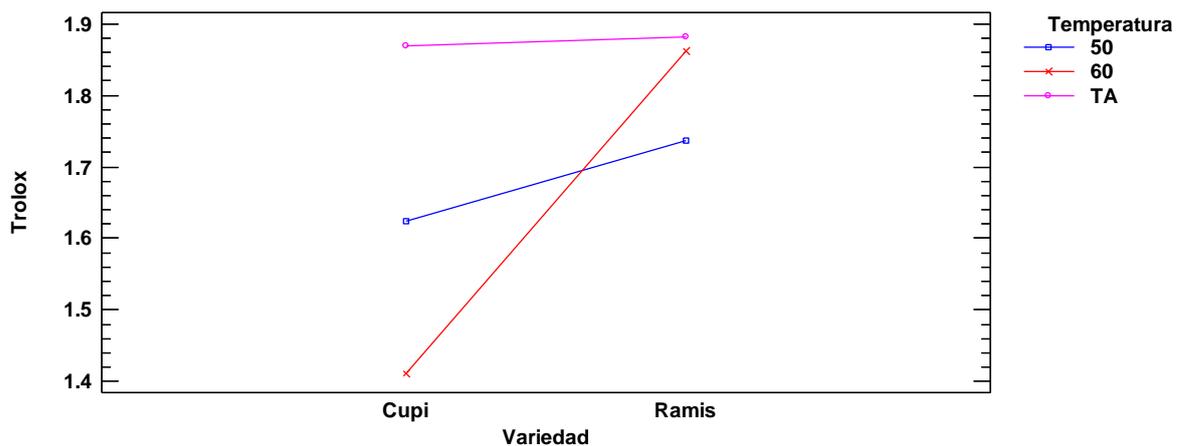


Figura 31: Capacidad antioxidante respecto al temperatura de la cañihua Cupi y Ramis

En las figuras 30 y 31 muestran la intersección en cuanto a la variedad y la temperatura del secado. Con respecto a la capacidad antioxidante, son significativos el valor $P=0,0001 \leq \alpha = 0,05$ (Anexos 55, 56 y 57).

En la tabla 36, se analizó ANOVA 2 x3 con 5 repeticiones por muestra para la capacidad antioxidante, expresados en (Trolox CI50g/100g). En los resultados mostrados en las pruebas de homogeneidad fue 0.0376 el $p < 0.05$. Se cumple los supuestos de normalidad de ANOVA en los germinados de cañihua Cupi y Ramis, que fueron germinados y secados a temperaturas de 50 y 60°C durante 8 horas. Se determinaron la capacidad antioxidante, cuyos resultados fueron para la variedad de cañihua Cupi secado a 50°C por 8 horas con 1.624 Trolox CI50g/100g, pero con mayor capacidad antioxidante fue secados a temperatura ambiente (muestra control) 1.842 Trolox CI50g/100g y para la variedad de cañihua Ramis secado a 60°C por 8 horas con 1.861 Trolox CI50g/100g, pero con mayor capacidad antioxidante fue secados a temperatura ambiente (muestra control) 1.870 Trolox CI50g/100g. En ambas variedades se muestra que hay una ligera disminución en la capacidad antioxidante que fueron secados a temperaturas mayores y que afectaron, ya que son sensibles, como indican otros autores; también obtuvieron resultados similares. Así mismo (Luna, 2015), reportó que la capacidad antioxidante en la cañihua de diferentes accesiones, para la cañihua (PIK 030413) germinada a 72 horas (139.50 μmol . Trolox eq/g de materia seca) y con 96 horas de germinado (164.69 μmol . Trolox eq/g de materia seca); indica que hubo un incremento a comparación de muestra control con inicial (75.90 μmol . Trolox eq/g de materia seca). También para la accesión de cañihua (PIK 030133) germinada a 72 horas el valor de (138.99 μmol . Trolox eq/g de materia seca) y de 96 horas germinado,

el valor de (181.84 μmol . Trolox eq/g de materia seca), también, indica un incremento de la muestra inicial (110.35 μmol . Trolox eq/g de materia seca). Así mismo, vuelve a recalcar, que la capacidad antioxidante aumenta con el tiempo de germinado y disminuye a mayor temperatura; de la misma manera, (Repo- Carrasco y Encina, 2008), en los germinados de cañihua Cupi y Ramis, los valores repostados para la variedad de cañihua Cupi son el valor de $1165,98 \pm 33,54 \mu\text{g trolox/g}$ y para variedad Ramis, de $1253,67 \pm 57,89 \mu\text{g trolox/g}$. Por otra parte (Miranda *et al.*, 2010), en los granos de quinua que fueron sometidos al tratamiento térmico a 60, 70 y 80°C, observaron una reducción notable en la capacidad antioxidante.

4.6. CONTENIDO PROTEICO DE CAÑIHUA GERMINADO Y SECADO (CUPI Y RAMIS)

En la tabla 38, presenta el contenido proteico en los granos germinados y secados a temperaturas de 50 y 60°C por un tiempo de 8 horas, de las variedades de cañihua Cupi y Ramis. Haciendo una comparación entre las muestras de control en ambas variedades son 18 muestras observadas.

Tabla 38: Contenido proteico del germinado y secado de cañihua Cupi y Ramis

obs	Tratamiento	Variedad	Temperatura	Proteínas
1	CCGS50	CUPI	50	19.01
2	CCGS50	CUPI	50	19.01
3	CCGS50	CUPI	50	19.24
4	CCGS60	CUPI	60	17.20
5	CCGS60	CUPI	60	17.20
6	CCGS 60	CUPI	60	17.20
7	CCTA	CUPI	TA	19.92
8	CCTA	CUPI	TA	19.92
9	CCTA	CUPI	TA	20.15
10	CRGS50	RAMIS	50	15.85
11	CRGS50	RAMIS	50	16.07
12	CRGS50	RAMIS	50	16.07
13	CRGS60	RAMIS	60	18.11
14	CRGS60	RAMIS	60	18.11
15	CRGS60	RAMIS	60	18.34

<<Continuación>>

obs	Tratamiento	Variedad	Temperatura	Proteínas
16	CRTA	RAMIS	TA	15.85
17	CRTA	RAMIS	TA	16.07
18	CRTA	RAMIS	TA	16.30

CCGS: Cañihua Cupi germinada y secado; CRGS: Cañihua Ramis germinada y secado
CCTA: Cañihua Cupi (secado temperatura ambiente); CRTA: Cañihua Ramis (secado temperatura ambiente).

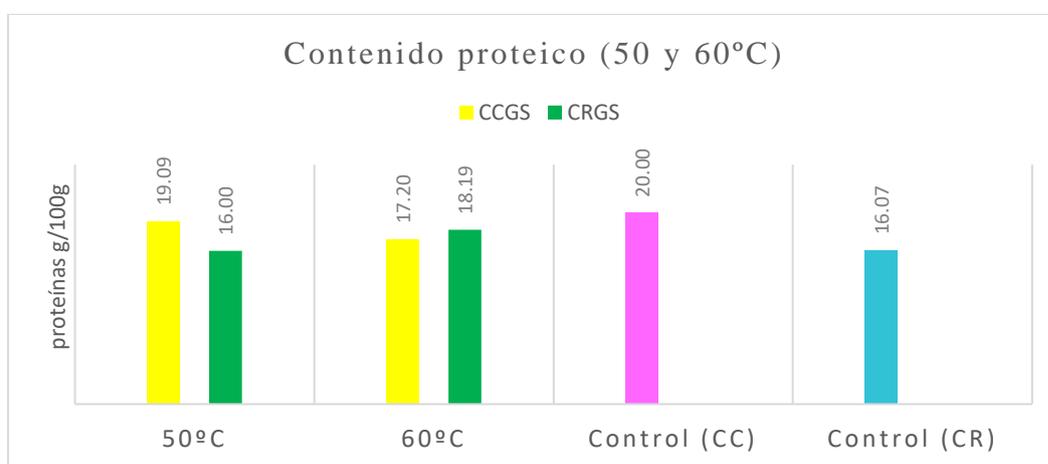


Figura 32: Comportamiento del contenido proteico de la cañihua (Cupi y Ramis) secado.

En la figura 32, se observa el comportamiento del contenido proteico de la cañihua Cupi y Ramis secadas a temperaturas de 50 y 60°C por un tiempo de 8 horas. Se observa valores superiores en temperatura de 50°C de ambas variedades, con el valor de estudio para la variedad de cañihua Cupi con 19.09 g/100gr; pero, ocurrió lo contrario en la cañihua Ramis en 60°C. Son valores superiores con 18.19 g/100gr en promedio en comparación de la muestra de control para cañihua Cupi y Ramis 20.00 y 16.07 g/100gr, donde el contenido proteico fue afectado por el proceso de secado en las muestras que fueron tríplicas (Anexo 65).

Tabla 39: Análisis entre los factores variedad y temperatura para contenido proteico (mg).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
A:variedad	1	18.16035556	18.16035556	910.55	<.0001
B:Temperatura	2	0.76623333	0.38311667	19.21	0.0002
A*B	2	20.71087778	10.35543889	519.21	<.0001**
Error	12	0.23933333	0.01994444		
Total (Corregido)	17	39.87680000			

Tabla 40: Coeficiente de variable media para contenido proteico de la variedad Cupi y Ramis.

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	Media (mg)
0.993998	0.795334	0.141225	17.75667

Existe la interacción de los factores variedad y temperatura éstos son significativos, por lo que se debe realizar la Prueba de Tukey (Anexos 62 al 65).

La tabla 39 y 40, presenta el análisis de varianza para contenido proteico (Cupi y Ramis), en el proceso de secado. El valor $p < 0.05$ que significa que existe diferencia significativa en los 18 tratamientos con respecto a la variedad y temperatura el valor $p > 0.05$, lo que significa que existe una diferencia significativamente alta $< .0001$, y la verificación de los supuestos de normalidad de ANOVA sí cumplen en el contenido proteico de la variedad Cupi y Ramis en el proceso de secado (Anexos 66,67 y 68).

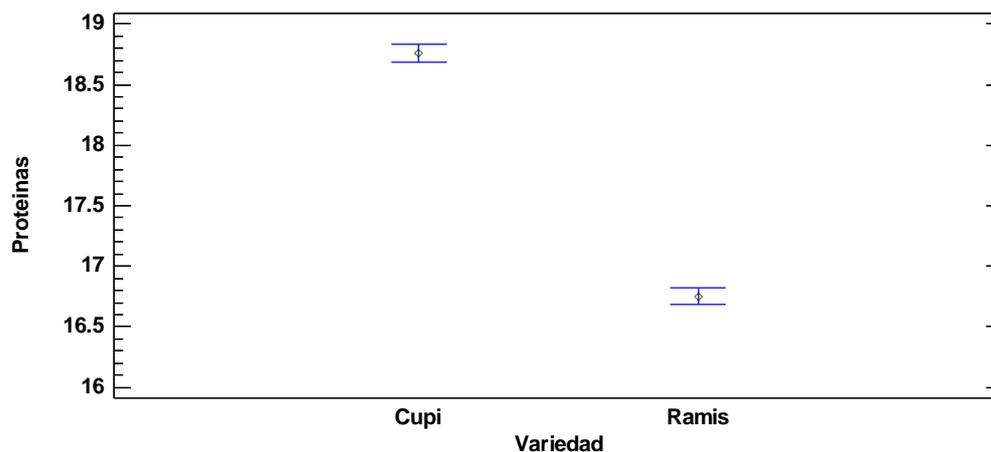


Figura 33: Variación del contenido proteico de la cañihua Cupi y Ramis

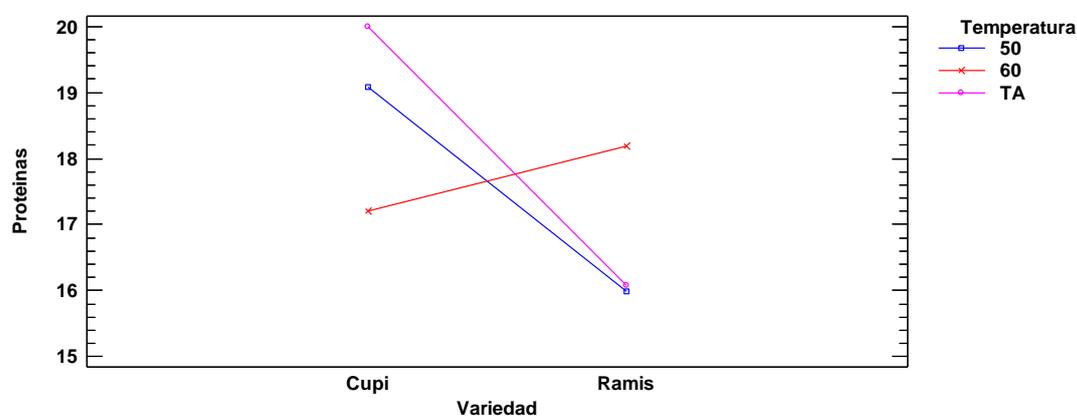


Figura 34: Contenido proteico con respecto a la temperatura de la cañihua Cupi y Ramis

En las figuras 33 y 34, muestran la intersección en cuanto a la temperatura del secado de las variedades Cupi y Ramis. Con respecto al contenido proteico son significativos por ser $P=0,0001 \leq \alpha = 0,05$, entonces todas las combinaciones con respecto a temperatura son significativas.

En la tabla 39, se analizó ANOVA 2 x3, con 3 repeticiones por muestra para contenido proteico expresados en (g/100g). En los resultados mostrados en las pruebas de homogeneidad, fue 0.9194 el $p > 0.05$ No cumple los supuestos normalidad de ANOVA, pero en los germinados de cañihua Cupi y Ramis, fueron germinados y secados a temperatura de 16°C por 48 horas y luego secados a temperaturas de 50 y 60°C por 8 horas. Se determinó el contenido proteico, cuyos resultados fueron para la variedad de cañihua Cupi secado a 50°C por 8 horas con 19.09 g/100g, pero con mayor contenido proteico fue secado a temperatura

ambiente (muestra control) 20.00 g/100g. Para la variedad de cañihua Ramis fue secado a 50°C por 8 horas con 16.00 g/100g, pero con mayor contenido proteico fue secado a temperatura ambiente (muestra control) 16.07 g/100g. En ambas variedades se muestra que no hay aumento en el contenido proteico, pero se observa que hay una ligera disminución en las muestras en comparación de la muestra de control. Pero, secados a temperaturas mayores, afectaron a las proteínas, como indican otros autores que también obtuvieron resultados similares. Así mismo (Choque y Molina, 2018), en los germinados de quinua secados en vacío y bandejas a temperaturas de 40 a 55°C, las proteínas tuvieron leve disminución a mayor temperatura. Los valores reportados, secado en vacío a temperatura 40°C con 21.94 % de proteínas y a 55°C con 21.89% de proteínas es similar al secado de bandejas a temperatura 40°C con 21.47 % de proteínas y a 55°C con 21.63% de proteínas. Finalmente, indican que no hubo una disminución en proteínas a esas temperaturas. Por otro lado (Pilco-Quesada et al., 2020), en los germinados de quinua (Chullpi) y kiwicha (Oscar Blanco), germinadas por 24,48 y 72 horas a una temperatura de 22°C y las semillas geminadas durante 72 h sometieron al proceso de secado a 90°C durante 5min. Los resultados fueron que los contenidos de las proteínas aumentaron, en cambio, los contenidos de lípidos se redujeron durante la germinación. Es probable, que el tiempo de secado afectó a las proteínas, en lo cual, hay una leve disminución. Así mismo (Floury et al., 2006), afirman que cualquier tratamiento térmico viene acompañado con las modificaciones de la estructura, pero particularmente en enzimas y proteínas globulares que son termosensibles.

4.7. CONTENIDO DE HIERRO DE CAÑIHUA GERMINADO Y SECADO (CUPI Y RAMIS)

En la tabla 41, presenta el contenido de hierro en los granos germinados y secados a temperaturas de 50 y 60°C por un tiempo de 8 horas de las variedades de cañihua Cupi y Ramis. Haciendo una comparación entre las muestras de control, en ambas variedades son 18 muestras observadas (Anexo 81).

Tabla 41: Contenido de hierro del germinado y secado de cañihua Cupi y Ramis.

obs	Tratamiento	Variedad	Temperatura	Hierro(mg)
1	CCGS50	Cupi	50	19.15
2	CCGS50	Cupi	50	19.20
3	CCGS50	Cupi	50	19.17
4	CCGS60	Cupi	60	16.05
5	CCGS60	Cupi	60	16.08
6	CCGS60	Cupi	60	16.10
7	CCTA	Cupi	TA	18.15
8	CCTA	Cupi	TA	18.02
9	CCTA	Cupi	TA	18.15
10	CRGS 50	Ramis	50	14.55
11	CRGS50	Ramis	50	14.50
12	CRGS50	Ramis	50	14.48
13	CRGS60	Ramis	60	15.55
14	CRGS60	Ramis	60	15.58
15	CRGS60	Ramis	60	15.62
16	CRTA	Ramis	TA	15.95
17	CRTA	Ramis	TA	15.88
18	CRTA	Ramis	TA	15.90

CCGS: Cañihua Cupi germinada y secado; CRGS: Cañihua Ramis germinada y secado
 CCTA: Cañihua Cupi (secado temperatura ambiente); CRTA: Cañihua Ramis (secado temperatura ambiente).

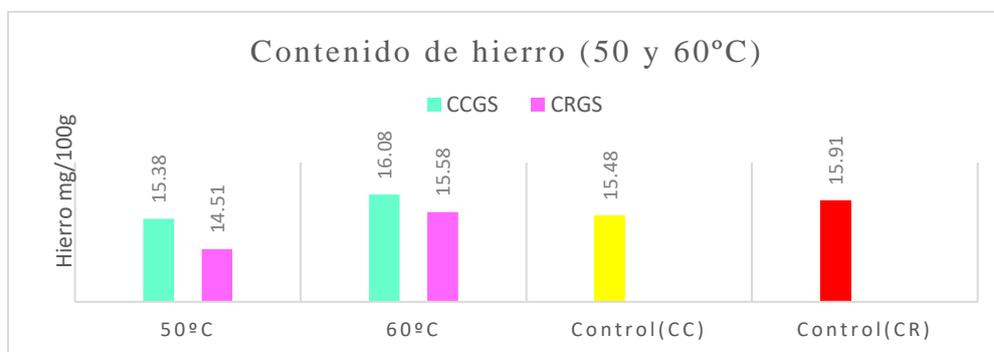


Figura 35: Contenido de hierro de la cañihua Cupi y Ramis, secados a 50 y 60°C.

En la figura 35 se observa el comportamiento del contenido de hierro de la cañihua Cupi y Ramis secadas a temperaturas de 50 y 60°C por un tiempo de 8 horas. Los valores superiores en temperatura de 60°C de ambas variedades con el valor de estudio para la variedad de cañihua Cupi en 60°C con 16.08mg/100gr y en Ramis son valores superiores con 15.58 mg/100gr en promedio, en comparación de la muestra de control para cañihua Cupi y Ramis con 15.48 y 15.91 mg/100gr. En el proceso de secado, no hubo una variación significativa, en ambas variedades, es probable que ocurra en los minerales que no son inmóviles, especialmente el hierro (Anexo 70).

Tabla 42: Análisis entre los factores variedad y temperatura para contenido de hierro (mg).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
A:variedad	1	27.03575556	27.03575556	15113.2	<.0001
B:Temperatura	2	4.87943333	2.43971667	1363.82	<.0001
A*B	2	13.18734444	6.59367222	3685.90	<.0001**
Error	12	0.02146667	0.00178889		
Total (Corregido)	17	45.12400000			

Tabla 43: Coeficiente de variable para contenido de hierro de la variedad Cupi y Ramis.

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	Media (hierro mg)
0.999524	0.255406	0.042295	16.56000

Hay diferencia en la interacción de variedad con temperatura, por lo que se debe realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey (Anexos 69, 71 y 72).

La tabla 42 y 43, presenta el análisis de varianza para contenido de hierro (Cupi y Ramis), en el proceso de secado. El valor $p < 0.05$, que significa que existe diferencia significativa en los 18 tratamientos. Con respecto a la variedad y la temperatura el valor $p < 0.05$ lo que significa que existe una diferencia significativa altamente $< .0001$. La verificación de los supuestos de normalidad de ANOVA sí cumple en el contenido de hierro de la variedad Cupi y Ramis en el proceso de secado.

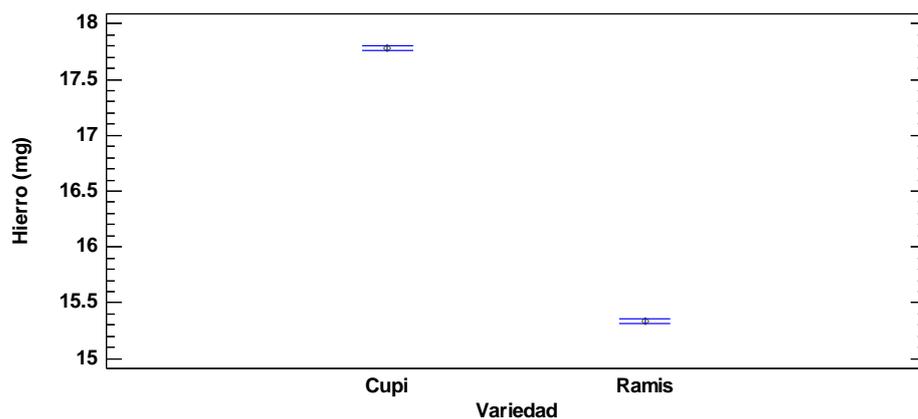


Figura 36: Variación del contenido de hierro de la cañihua Cupi y Ramis.

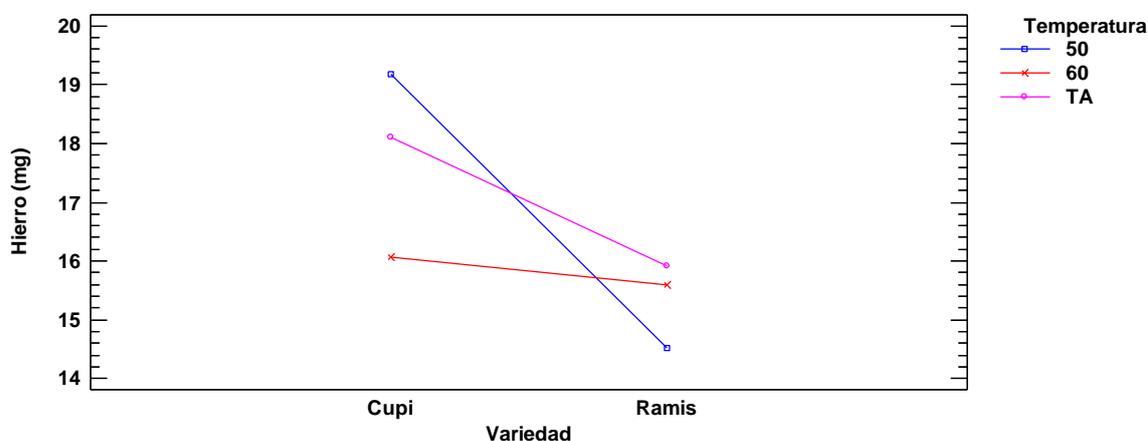


Figura 37: Contenido de hierro con respecto al temperatura de la cañihua Cupi y Ramis.

En las figuras 36 y 37 muestran la intersección en cuanto a la temperatura del secado de las variedades Cupi y Ramis. Con respecto al contenido de hierro no son significativos por ser $P=0,0001 \leq \alpha = 0,05$ (Anexos 72 al 75).

En la tabla 42, se analizó ANOVA 2 x3 con 3 repeticiones por muestra para contenido de hierro expresados en mg/100g. En los resultados mostrados en las pruebas de homogeneidad que fue 0.9460 el $p > 0.05$ no cumple los supuestos normalidad de ANOVA, pero en los germinados de cañihua Cupi y Ramis que fueron germinados y secados a temperatura de 16°C por 48 horas y luego secados a temperaturas de 50 y 60°C por 8 horas, se determinó el contenido de hierro cuyos resultados fueron para la variedad de cañihua Cupi secado a 50°C por 8 horas con 19.17 mg/100g , fue con mayor contenido de hierro en comparación de la muestra control con 15.48 mg/100g y para la variedad de cañihua Ramis secado a 50°C por 8 horas con 14.51 mg/100g en comparación de la muestra control con 15.91 mg/100g, pero

en la variedad Cupi hay un ligero aumento en el contenido de hierro en comparación de muestra de control que es semilla sin germinar. En la variedad Ramis hay una disminución ligera, al someter al proceso de secado entre muestra y control, se mantienen el contenido de hierro con una mínima diferencia. Es probable que el proceso de secado también afecte al hierro, como indican otros autores, también obtuvieron resultados similares. Así mismo (Torres, 2019), indica las comparaciones entre grano de cañihua crudo, grano de cañihua tostado y harina de cañihua tostada. Con la mayor concentración media de hierro, reportó del grano de cañihua crudo con 24.9567 mg Fe/100 g con el valor inferior 23.5314 mg Fe/100 g y con el valor máximo 26.3819 mg Fe/100g, en comparaciones de cañihua tostada con 9.28667 mg Fe/100 y harina de cañihua tostada con 20.7933 mg Fe/100g fueron inferiores al del grano de cañihua crudo. De la misma manera (Lei y Porres, 2003), aseguran que la temperatura perfecta para las fitasas en vegetales varía de 45 a 60 °C y que los fitatos de los vegetales son fuertes quelantes de hierro y zinc, por lo que, probablemente, la disminución presentada en el estudio, se debe a la inactivación de las fitasas de los granos de cañihua, lo que no accede a una adecuada actividad de las fitasas en los granos de cañihua, no ayudando la liberación del hierro quelado en los fitatos porque se sometió al proceso de secado a temperaturas 50 y 60°C, por ende hay una disminución de hierro. También Floury et al., (2006), mencionan que el proceso térmico tiende a reducir el contenido de minerales que viene acompañado de modificaciones de la estructura, por ende, ocurre un descenso. Por otra parte, Badui (2013) indica que la superabundancia de los polifenoles construye un complejo con el hierro.

4.8. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE CAÑIHUA GERMINADO Y SECADO (CUPI Y RAMIS)

En la tabla 44, presenta el análisis fisicoquímico en los granos de cañihua Cupi y Ramis sin germinar (control), con 3 réplicas expresados en porcentajes (Anexo 72 y 73), así mismo, en los granos germinados y secados de ambas variedades de cañihua Cupi y Ramis a temperaturas de 50 y 60°C durante 8 horas (Anexo 76 y 77).

Tabla 44: Análisis fisicoquímico de la cañihua Cupi y Ramis germinada y secado (50 y 60°C).

Componentes	Promedio (g/100g)					
	CC	CR	CCGS (50°C)	CRGS (50°)	CCGS (60°C)	CRGS (60°C)
Ensayo						
Humedad	10.56	10.23	13.39	14.38	11.18	11.95
Proteína	20.00	16.07	19.92	18.56	18.79	19.69
Fibra	9.57	10.01	9.48	9.65	9.71	9.71
Cenizas totales	2.91	2.83	2.52	2.76	2.81	2.3
Grasa	4.47	5.26	4.23	4.88	4.92	4.18
Carbohidratos	52.49	55.59	50.46	52.5	52.59	50.28

CC: Cañihua Cupi (control); CR:Cañihua Ramis (control); CCGS: Cañihua Cupi germinada y secado; CRGS: Cañihua Ramis germinada y secado.

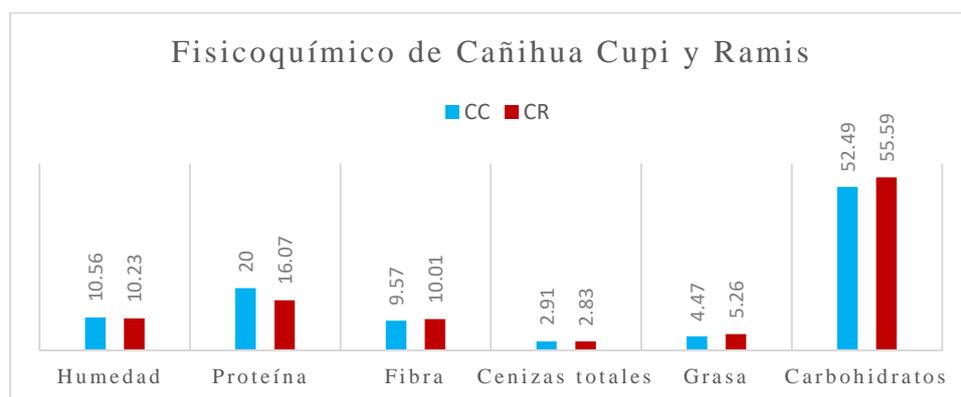


Figura 38: Fisicoquímica de cañihua Cupi y Ramis

En figura 38, presenta los resultados obtenidos para las características fisicoquímicas para las variedades de cañihua Cupi y Ramis, son muestras de control (sin germinado) en la tabla 44, obtenidas para ambas variedades. Para la variedad de cañihua Cupi con la humedad 10.56%, proteína 19.92 %, fibra 9.57 %, cenizas totales 2.91 %, grasa 4.47 %, carbohidratos 52.49 % y para la variedad de cañihua Ramis con la humedad 10.23%, proteína 16.07 %, fibra 10.05 %, cenizas totales 2.83 %, grasa 5.26 %, carbohidratos 55.59 % (Anexo 78). Así mismo (Huamán *et al.*, 2016), determinan las características fisicoquímicas de dos variedades de cañihua Cupi y Ramis. Para la variedad de cañihua Cupi con humedad de

8.81%, proteína 13.65%, grasa 3.48% fibra 2.36% y carbohidrato con 65.07%, así mismo (Gutiérrez, 2003), menciona en base seca de la cañihua Cupi con la proteína 17.31%, grasa 10.03% fibra 11.23%, carbohidrato 58.66% y ceniza con 2.76% y para la variedad de cañihua Ramis la proteína 18.03%, grasa 7.93% fibra 9.20%, carbohidrato 62.00% y ceniza con 2.82%, respectivamente. En cuanto a los valores son similares, con mínimo de diferencia al valor obtenido en las variedades de cañihua Cupi y Ramis, en base seca.

En la figura 39, presenta el análisis fisicoquímico de la cañihua germinada y secado a temperatura de 50°C, comparando con las muestras de control de ambas variedades.

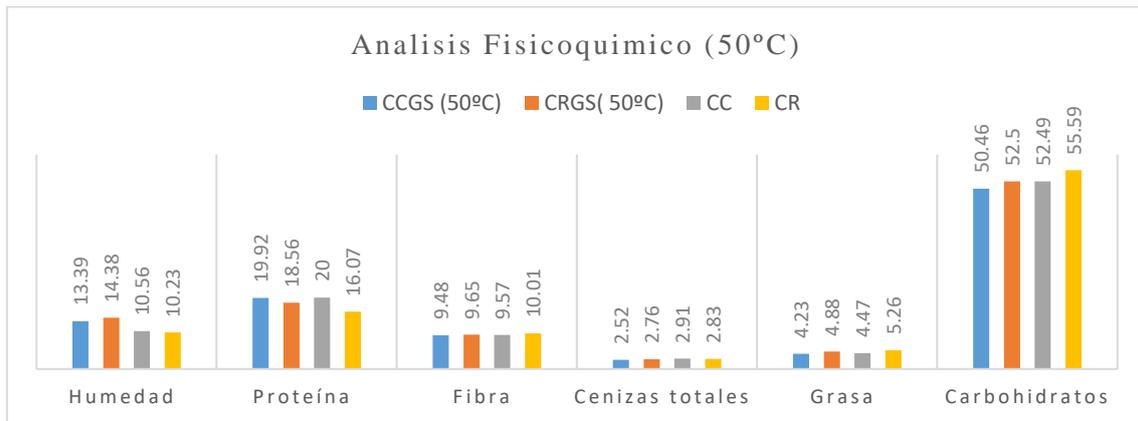


Figura 39: Comportamiento de fisicoquímico de cañihua Cupi y Ramis secados a 50°C.

En la figura 39, se muestran el análisis fisicoquímico de las variedades de cañihua Cupi y Ramis, que fueron sometidos a los procesos de secado a 50° por 8 horas. Se comparó con las muestras de control y en la mayoría de los componentes hubo una disminución ligera en ambas variedades de cañihua.

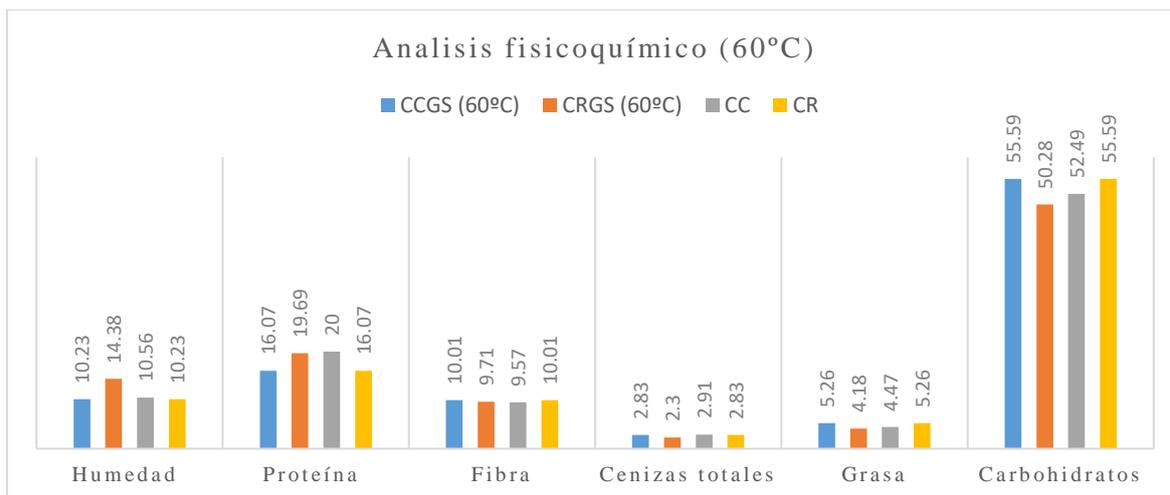


Figura 40: Comportamiento de fisicoquímico de cañihua Cupi y Ramis secados a 60°C.

En la tabla 44, el análisis fisicoquímico de las variedades de cañihua Cupi y Ramis que fueron sometidos al proceso de secado a temperatura de 60°C. Pero, los componentes en comparación con la muestra control tenían variación en cuanto a la proteína en cañihua Ramis y en cañihua Cupi; en fibra y carbohidrato hay un ligero aumento y en los componentes una ligera disminución.

En los resultados mostrados de la tabla 44, las características fisicoquímicas para las variedades de cañihua Cupi y Ramis, fueron germinados y secados a temperaturas de 50 y 60°C por 8 horas, fueron analizados para el fisicoquímico para ambas variedades; para la variedad de cañihua Cupi secados a 50°C fueron los siguientes: en la humedad 13.39%, proteína 19.92%, fibra 9.48%, cenizas totales 2.52%, grasa 4.23% y carbohidratos 50.46%. secados en 60°C, cuyos resultados fueron para la humedad 11.18%, proteína 18.79%, fibra 9.71%, cenizas totales 2.81%, grasa 4.92% y carbohidratos 52.59%. Para la variedad de cañihua Ramis, que fueron secados en 50°C, los valores fueron para la humedad 11.95%, proteína 18.56%, fibra 9.65%, cenizas totales 2.76%, grasa 4.88% y carbohidratos 52.50%; también secados en 60°C cuyos resultados fueron en la humedad 14.38%, proteína 19.69%, fibra 9.71%, cenizas totales 2.30%, grasa 4.18% y carbohidratos 50.28%, también lo indican otros autores con resultados similares al resultado obtenido. Por otro lado (Tovar *et al.*, 2017), determinaron el análisis proximal en la harina de quinua germinada y normal, los valores reportados para la harina germinada de quinua en cuanto al análisis proximal para proteína 19.6801(g/100g), grasa 4.5264(g/100g), ceniza 1.7835 (g/100g), fibra 2.2878(g/100g) y carbohidrato 82.6814(g/100g) en muestra seca. En comparación con la harina de quinua normal para proteína 18.5819(g/100g), grasa 4.3398(g/100g), ceniza

1.5892(g/100g), fibra 2.4694(g/100g) y carbohidrato 79.86(g/100g) en muestra seca, indicaron que hubo un ligero aumento en todos los componentes, menos en la fibra. Pero, ocurrió lo contrario en los germinados de cañihua Cupi y Ramis. Comparando entre muestra secado y control en todos los componentes hubo una ligera disminución, excepto en carbohidratos que se mantiene en la variedad Cupi y a temperaturas altas (60°C). En secado tuvo un ligero aumento en la mayoría de los componentes, menos en la proteína. De la misma manera, para la variedad de Ramis, haciendo una comparación entre muestra secado y control, en la mayoría de los componentes hubo una ligera disminución, excepto en proteínas y carbohidratos con un ligero aumento en la variedad Ramis y a temperaturas altas (60°C). En secado tuvo una ligera disminución en la mayoría de los componentes, menos en la fibra y proteína. En ambas variedades es probable que esté influyendo temperaturas de medio ambiente, el germinado y secado, ya que disminuyeron el análisis proximal. Así también (Torres y Chávez, 2016), indican el análisis proximal de la quinua, variedad INIA 420 Negra Collana. Para semillas sin germinar, los valores reportados fueron, para proteína 13.31%, grasa 5.35%, fibra 6.86%, cenizas 2.68%, carbohidratos 62.55%, humedad 9.26% y energía (Kcal/100g) 365.31. En las semillas germinadas en fresco, reportaron los siguientes valores: para proteína 4.46%, grasa 2.42%, fibra 1.29%, cenizas 0.74%, carbohidratos 25.06%, humedad 66.04% y energía (Kcal/100g) 140.37. También, en las semillas germinadas de quinua (calculada a humedad de 9.26%), se reportó los siguientes valores en cuanto a la proteína 13.52%, grasa 7.59%, fibra 3.54%, cenizas 2.00%, carbohidratos 64.08%, humedad 9.26% y energía (Kcal/100g) 385.79. También, confirman que, al someter al proceso de germinado, hay una disminución en cuanto al análisis proximal. Por otro lado, Bravo *et al.* (2013), evaluaron en los granos sin germinar y germinados de quinua y kiwicha los valores para la quinua en proteína 13.09%, grasa 6.10%, ceniza 1.50%, fibra total 2.68% y humedad 6.94% y también los valores para kiwicha en proteína 16.45%, grasa 8.29%, ceniza 3.18% , fibra total 9.50% y humedad 5.68%, respectivamente. Por otra parte (Miranda *et al.*, 2010), en los granos de quinua sometidos al proceso térmico a 60, 70 y 80°C, observaron una reducción notable de 10% en proteínas, 12% en grasas y 27% tanto en fibras como en cenizas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La capacidad antioxidante durante la germinación de la variedad Cupi y Ramis fue de 2.863 Trolox CI50 g/100 g, y 2.725 Trolox CI50 g/100 g, respectivamente. Estos fueron obtenidos a una temperatura de 16°C y un tiempo de 48 horas, siendo su valor óptimo para la variedad Cupi de 47°C de temperatura y un tiempo de 41 horas. Estadísticamente, todas las combinaciones son diferentes $p < 0.05$, a diferencia del contenido proteico. Se concluye, que a medida que incrementa la temperatura y tiempo de germinado, se desnaturaliza la proteína presente en las dos variedades, debido a las enzimas proteasas, donde las proteínas son transformadas en aminoácidos; de la misma manera, afectó el proceso de lavado, donde las proteínas son muy pequeñas y solubles en agua, el $p < 0.05$ son significativos. Por otra parte, en el contenido de hierro se presenta un ligero aumento en todas las etapas del germinado. En cuanto a la longitud de radícula los valores superiores fueron para la variedad Cupi y Ramis de 15.52 y 23.79 mm germinados en 72 horas a temperatura de 21°C, presentando diferencias significativas ($p < 0.05$) en las dos variedades.
- En el proceso de secado para la capacidad antioxidante, contenido proteico y hierro presentan una diferencia significativa ($p < 0.05$), pero, por el coeficiente variable dejan de ser importantes, los factores de variedad y temperatura. Finalmente, se terminó con análisis proximal de granos germinados y secados a distintas temperaturas de 50 y 60°C. Mostraron una ligera disminución en todos las componentes, pero en el contenido de proteínas, en variedad Ramis, hubo un ligero aumento, debido a la relación inversa de humedad durante el proceso.

5.2. RECOMENDACIONES

- Evaluar el contenido de todos las minerales y vitaminas, cada cierto tiempo o en la etapa de germinación para conocer el desarrollo de nutrientes en los granos de cañihua.
- Evaluar el contenido de hierro por otros métodos en los germinados.
- Realizar la evaluación de aminoácidos cada cierto tiempo, en la etapa de germinación.
- Realizar un análisis sensorial para ver la aceptabilidad del germinado de cañihua.
- Realizar el análisis físico de las radículas.
- Realizar investigaciones semejantes, empleando métodos enzimáticos para la determinación de la capacidad antioxidante, vida útil del germinado en los granos andinos.
- Realizar estudios de toxicidad y análisis microbiológicos en los germinados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abderrahim, F., Huanatico, E., Repo-Carrasco-valencia, R., Arribas, S. M., Gonzalez, M. C., y Condezo-Hoyos, L. (2012). Effect of germination on total phenolic compounds , total antioxidant capacity , Maillard reaction products and oxidative stress markers in canihua (*Chenopodium pallidicaule*). *Journal of Cereal Science*, 56(2), 410–417.
- Acosta, E., y Castro, A. (2019). Effect of the drying temperature on the effective diffusivity and total phenols in residues of Creole artichoke (*Cynara scolymus*). *Journal of Agri-Food Science*, 1(1), 1–7.
- Aguilar-Raymundo, V., y Vélez-Ruiz., J. (2013). Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(2), 25–34.
- Aguilar, J. (2017). *Componentes bioactivos y Valor Nutricional de tres Variedades de Harina de quinua Malteada (Chenopodium quinua Willd)*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Al-Qabba, M., El-Mowafy, M., Althwab, S., Alfheaid, H., Aljutaily, T., y Barakat, H. (2020). Phenolic Profile, Antioxidant Activity, and Ameliorating Efficacy of *Chenopodium quinoa* Sprouts against CC14 - Induced Oxidative Stress in Rats. *Revisit Nutrients*, 12(1), 2–15.
- Aliaga, S., Mamani, F., y Mamani, N. (2017). Potencial alimenticio de los germinados de Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Revista de La Carrera de Ingeniería Agronómica -UMSA*, 3(3), 634–638.
- Ampuero, E., y Hallasi, V. (2020). *Efecto Regenerativo del Consumo de Germinado de Quinoa (Chenopodium quinua Willd) y Germinado de Cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) en Ratas Wistar con Ulceras Gastroduodenales Puno 2019*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- AOAC. (1995). *Oficial Methods of Analysis*. Association of Oficial Analytical Chemistry. Arlington, Va, U.S.A.
- Apak, R., Gorinstein, S., Böhm, V., Schaich, K. M., Özyürek, M., y Güçlü, K. (2013). Methods of measurement and evaluation of natural antioxidant capacity / activity (IUPAC Technical Report). *Department of Food Scienc*, 85(5), 957–998.

- Apaza, V. (2010). Manejo y mejoramiento de kañiwa. *Editorial Altiplano E.I.R.L.*, 1, 43.
- Arnillas, C., Carranza, C., Mesones, C., Moretti, M., y Bueno, O. (2013). *Plan estratégico de la cañihua*. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima, Perú.
- Ayala, R. (2014). *Extracto de Cáscara de Granada como Antimicrobiano y Potenciador Antioxidante en Germinados de Alfalfa* (Tesis de maestría). Centro de Investigación y Desarrollo A.C, Sonora, Mexico.
- Azcon-Bieto, J., y Talon, M. (2013). *Fundamentos de Fisiología vegetal*. Valencia, España: Editorial Omega.
- Azzi, A. (2017). Antioxidantes: ¿fármacos milagrosos o pócimas de Charlatanes? En F. Goñi (Presidencia), *XL SEBBM Congress The Annual Congress of the SFBB*. Congreso llevado a cabo en Barcelona, España.
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. México, México: Pearson Educacion Editorial.
- Bartolo, D. (2013). Propiedades nutricionales y antioxidantes de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Revista de Investigación Universitaria*, 2(1), 47–53.
- Bakhshy, E., Zarinkamar, F., & Nazari, M. (2020). Cambios estructurales y Cuantitativos del almidón en la Semilla de *Trigonella Persica* durante la germinación. *International Journal of Biological Macromolecules*, 1284-1293.
- Blanco, D., Durañona, H., y Acosta, R. (2016). Efecto de la Temperatura y la Humedad en la Conservación de Granos de Maíz en Silos Metálicos Refrigerados. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 105–114.
- Bendezú, J. (2018). *Efecto de la germinación de tres variedades de quinua: Roja (INIA-415 Pasankalla), Negra (INIA 420-Negra Collana) y Blanca (Salcedo INIA) en la formulación y elaboración de una bebida funcional con capacidad antioxidante* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Benique, E. (2019). Impacto del Cambio climático en el rendimiento de la producción de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) en la Región - Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(2), 100-110.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M., y Berset, C. (1995). Use of a free radical method to

- evaluate antioxidant activity. *Departament Science de l' Aliment*, 28(1), 25-30.
- Bravo, M., Reyna, J., Gómez, I., y Huapaya, M. (2013). Estudio Químico y Nutricional de Granos Andinos Germinados de Quinoa (*Chenopodium Quinoa*) y Kiwicha (*Amarantus Caudatus*). *Per. Quim. Ing. Quim*, 16(1), 54-60
- Castillo, E. (2010). *Determinación de la estabilidad de los compuestos antioxidantes durante la germinación y extrusión en la cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Cardona, C., Cerón, I., y Higueta, J. (2010). Capacidad Antioxidante y Contenido fenólico total de tres frutas Cultivas en la Region andina. *Revista Vector*, 5 (1), 17-26.
- Chanamé, C., y Cruz, M. (2017). *Capacidad antioxidante in vitro de extractos fenólicos libres y ligados en harinas de quinua (Chenopodium quinoa), kiwicha (Amaranthus caudatus) y kañiwa (Chenopodium pallidicaule)*. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Chaparro, D., Pismag, R., y Elizalde, A. (2011). Efecto de la Germinación sobre el Contenido de Hierro y Calcio en Amaranto, Quinoa, Guandul y Soya. *Revista de Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 9(1), 51 - 59.
- Céspedes, E., Rodríguez, K., Llopiz, N., Cruz, N. (2000). Un acercamiento a la teoría de los radicales libres y el estrés oxidativo en el envejecimiento. *Revista Cubana Invest Biomed*, 19 (3), 186-90.
- Coronado, M., Vega, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M., y Radilla, C. (2015). Antioxidantes : perspectiva actual para la salud humana Antioxidants : present perspective for the human health. *Revista Chilena de Nutricion*, 42(2), 206–212.
- Cruz, N. (2017). *Valoración de las Cualidades Nutricionales de Germinados de tres Variedades de Cañahua (Chenopodium pallidicaule Aellen) Bajo dos Condiciones de Laboratorio de la Estación Experimental de Choquenaira* (Tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, La paz, Bolivia.
- Cruz, C. (2013). *Antioxidantes en Variedades y Lineas Nuevas de Cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) en Bolivia* (Tesis post grado). Universidad Mayor de San Andrés, La paz, Bolivia
- Choque, M. (2006). *Determinación de la Composición Nutricional y Vida Util del Pito de*

- Cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) del Ayllu Majasaya Mujlli, Prov. Tapacari Dpto. De Cochabamaba* (Tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Simón, Cochabamaba, Bolivia.
- Choque, M., y Molina, P. (2018). *Influencia de los Metodos de Secado en Bandejas y en Vacio Sobre del Germinado de Quinoa (Chenopodium Quinoa Willd.) Variedad Pasankalla* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agutin de Arequipa, Arequipa, Perú.
- Chu, C., Du, Y., Yu, X., Shi, J., Yuan X., Liu, X., Liu, Y., Zhang, H., Zhang, Z., y Yan, N. (2020). Dynamics of antioxidant activities, metabolites, phenolic acids, flavonoids, and phenolic biosynthetic genes in germinating Chinese wild rice (*Zizania latifolia*). *Journal homepage*, 318(1), 1–9.
- Chu, C., Yan, N., Du, Y., Liu, X., Chu, M., Shi, J., Zhang, H., Liu, Y., y Zhang, Z. (2019). iTRAQ-based proteomic analysis reveals the Accumulation of Biosctive Compounds in Chinese wild rice (*Zizania latifolia*) during germination. *Food Chemistry*, 289(1), 635–644.
- Davila, M., Sangronis, E., y Granito, M. (2003). Leguminosas Germinadas o Fermentadas: Alimentos o Ingredientes de Alimentos Funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 53(4), 348–354.
- Diaz, L., Tarifa, P., Olivera, S., Gerje, F., Benítez, M., y Ercoli, P. (2014). *Alimentos: Historia, presente y futuro*. Buenos Aires, Argentina: Renata Editorial.
- Doria, J. (2010). Generalidades Sobre Las Semillas: Su Producción, Conservación y Almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74–85.
- Dueñas, M., Hernández, T., Estrella, I., y Fernández, D. (2009). Germination as a process to increase the polyphenol content and antioxidant activity of lupin seeds (*Lupinus angustifolius* L.). *Food Chemistry*, 117(1), 599–607.
- Durán, R., y Valenzuela, A (2010). “La experiencia japonesa con los alimentos FOSHU ¿Los verdaderos alimentos funcionales? Artículo de actualización. *Revista Chilena de Nutrición*, 37(2) , 224-233.
- FAO/OMS. (2007). *Marco FAO/OMS para la Prestación de Asesoramiento Científico sobre Inocuidad de los Alimentos y Nutrición*. Roma, Italia.

- FAO. (2000). *Guia de campo de los Cultivos Andinos*. Roma, Italia.
- FAO. (2011). *Semillas En Emergencia*. Roma, Italia.
- Fischer, S., Wilckens, R., Jara, J., Aranda, M., Valdivia, W., Bustamante, L., Graf, F., y Obal, I. (2017). Protein and antioxidant composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) sprout from seeds submitted to water stress, salinity and light conditions. *Industrial Crops and Products*, 107(1), 558–564.
- Floury, J., Grosset, N., Leconte, N., Pasco, M., Madec, M., y Jeantet, R. (2006). Procesamiento Continuo de leche Cruda desnatada por Pulsos Campo Electrico a Temepratura no letal: Efecto sobre Inactivacion microbiana y Propiedades Funcionales. *Science et Technologie* , 15(1), 43–57.
- Gan, R., Liu, W., Wu, K., Chan, C., Dai, S., Sui, Z., y Corke, H. (2017). Bioactive Compounds and bioactivities of germinated edible Seeds and Sprouts: An updated review. *Trends in Food Science & Technology* , 59(1), 1–14.
- Gomez, L. (2015). *Variedades de Cultivos de Granos Andinos. III conveccion de Granos Andinos (Resumenes)*. Cusco, Perú.
- Guija-Poma, E., Inocente-Camones, M., Ponce-Pardo, J., y Zarzona-Norabuena, E. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. *Horiz Med*, 15(1), 57–60.
- Gutiérrez-Hernández, G., Ortiz-Hernández, Y., Corzo-Ríos, L., y Aquino-Bolaños, T. (2020). Composición Química y Germinación de Semillas de Tobaía (*Agave potatorum*). *Interciencia*, 45(5), 223-227.
- Gutiérrez, S. (2003). *Evaluacion Sensorial, Composicion Nutricional y Costos de Preparaciones con variedades de Cañihua*. (Tesis pre grado). Universidad Nacional Del Altiplano, Puno, Perú.
- Hamid, A., Aiyelaagbe, O., Usman, L., Ameen, O., y Lawal, A. (2010). Antioxidants: Its medicinal and pharmacological applications. *African Journal of Pure and Applied Chemistry*, 4(8), 142–151.
- Hernández, E. (2011). *Implementación de germinados en Granja avícola de Postura en San Salvador Tlanchinol* (Tesis pre grado). Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, Hidalgo, México.

- Herrera, T. (2016). *Influencia del proceso de germinación en el contenido y biodisponibilidad de melatonina en semillas de legumbres* (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España.
- Hidalgo, W. (2013). *Diseño de una Cámara de secado de madera para fábrica de muebles hidalgo* (Tesis Pre grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Huamán, N., Yupanqui, G., Allcca, E., y Allcca, G. (2016). Efecto Del Contenido De Humedad y Temperatura Sobre La Difusividad Térmica En Granos Andino. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 82(3), 259–271.
- Huamán, N. (2011). *Evaluación de la difusividad térmica en granos de quinua (Chenopodium quinoa Wild) y cañihua (Chenopodium pallidicaule Allen) sometidos a tratamiento térmico* (Tesis post grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Huaranga, A., y Hans, M. (2019). *Efecto del cereinado en el contenido de nutrientes y antinutrientes en tres variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) de la Región Junín* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Huayllas, I., Flore, A., y Blanco, M. (2020). Valoración de las cualidades nutricionales de germinados de cinco variedades de quinnua (Chenopodium quinoa Willd) Bajo Condiciones atemperadas en el Centro Experimental Cota. *Apthapi*, 6(1), 1744-1756.
- Huiche, A. (2018). *Determinación de las isothermas de sorción de agua, propiedades microestructurales y térmicas de dos variedades de granos de cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) con y sin perigonio* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA]. (2010). *Manejo y Mejoramiento de Kañiwa*. Estación Experimental Agraria Illpa. Puno, Perú.
- INDECOPI. (2018). *BIOPAT/ PERÚ.CAÑIHUA (Chenopodium pallidicaule A.)*. Lima, Perú.
- INDECOPI. (2014). *Norma Técnica Peruana NTP 011.452. (Granos Andinos) Cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. Lima, Perú.
- Jiménez, E., Garcías, L., Carranza, M., Carranza, H., Morante, J., Martínez, M., y Cuásquer,

- J. (2017). Germination and growth of *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. in Ecuador. *Scientia Agropecuaria*, 8(3), 243–250.
- La Rosa, R., Anaya, E., Flores, Z., Bejarano, M., Brito, L., y Pérez, E. (2016). Germination of *Chenopodium Pallidicaule* Aelle “Kañiwa” Under Different Conditions of Salinity and Temperature. *The Biologist*, 14(1), 5–10.
- Lee, C. (2017). A simple outline of methods for protein isolation and purification. *Endocrinology and Metabolism*, 32(1), 18–22.
- Lemmens, E., De Brier, N., Goos, P., Smolders, E., y Delcour, J. (2019). Maceración y germinación de trigo (*Triticum aestivum* L.). I. Desbloqueo del impacto del fitato y la hidrólisis de la pared celular en la bioaccesibilidad de los elementos de hierro y zinc. *Journal of Cereal Science*, 1-28.
- Lei, X., y Porres, J. (2003). Phytase enzymology , applications , and biotechnology. *Biotechnology Letters*, 25(1), 1787–1788.
- Ligarda, C., Repo-carrasco, R., Encina, C., Herrera, I., y Quinde-Axtell, Z. (2012). Extracción con Soluciones Neutra y Alcalina para el Aislamiento de Fibra Soluble e Insoluble a partir de Salvado de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) y Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen.). *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 78(1), 53–64.
- López, R. (2014). *Las proteínas de los alimentos*. Madrid, España.
- López, L., y Rosas, M. (2014). *Efecto del Tiempo de Germinacion y Tiempo de Coccion, e Influencia de la Temperatura de Secado en la Actividad Hemaglutinante de las Lectinas en el Tarwi (Lupinus mutabilis Sweet)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- De Marchi, E., Baldassari, F., Bononi, A., Wieckowski, M., y Pinton, P. (2013). Estrés Oxidativo en Enfermedades Cardiovasculares y Obesidad: papel de p66Shc y Proteina Quinasa C. *Revista Hindawi*, 46 (1), 1-11
- Luna, E. (2015). *Influencia del Germinado y Cocción Humeda en Compuestos Bioactivos de dos Accesiones de Cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Mantilla, A. (2016). Desarrollo y germinación de las semillas. *ResearchGate*, 108(1), 1-22.

- Marassi, M. (2013). *Germinación de Semillas: Cátedra de Fisiología Vegetal*. Corrientes, Argentina:
- Martinez, M. (2019). “*Contenido de Hierro, Calcio y Magnesio durante el Proceso de Producción de Germinado de Lentejas (Lens culinaris) Bajo Cultivo Aeropónico*” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.
- Martinez, J. (2007). “*Evaluación De La Actividad Antioxidante De Extractos Orgánicos De Semillas De Heliolepis Terebinthinaceus*” (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de la Mixteca, Oaxaca, Mexico.
- MINAGRI. (2017). *Producción Agrícola 2017*. Lima, Perú.
- MINAGRI. (2018). *Nota Técnica de Granos Andinos*. Lima, Perú.
- MINSA. (2009). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos*. Lima, Perú.
- Miranda, M., Vega-Gálvez, A., Lòpez, J., Parada, G., Sanders, M., Aranda, M., Uribe, E., y De Scal, K. (2010). Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Industrial Crops and Products*, 32(1), 258–263.
- Montes, E., Torres, R., Andrade, R., Perez, O., Marimon, J., y Meza, I. (2008). Modelo de la Cinética de Secado de Ñame (*Dioscorea rotundata*) en Capa Delgada. *Revista Ingeniería e Investigación*, 28(2), 45–52.
- MoscOSO-Mujica, G., Zavaleta, A., Mujica, Á., Santos, M., y Calixto, R. (2017). Fraccionamiento y caracterización electroforética de las proteínas de la semilla de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Rev Chil Ntr*, 44(2), 144–152.
- Morales-Santos, M., Peña-Valdivia, C., Garcia-Esteva, A., Aguilar-Benitez, G., y Kohashi-Shibata, J. (2017). Características Físicas y de Germinación en Semillas y Plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie. *Agrociencia*, 51(1), 43–62.
- Mujica, A., Jacobsen, S., Ortiz, R., Canahua, A., Apaza, V., Aguilar, P. C., y Dupeyrat, R. (2002). *Investigaciones en Cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. Puno, Perú.

- NRC, Consejo Nacional de Investigación. (1989). *Comite de Dieta y Salud, Academia Nacional de Ciencias. Dieta y Salud*; Prensa de la Academia Nacional: Washington, DC.
- Ortiz-Yescas, G., Romero-Cortes, T., Cuervo-Parra, JA., Tamayo-Rivera, L., Morales-Peñaloza, A., Rodriguez-Jimenes, G., Garcia-Alvarado, M., y Robles-Olvera, V. (2012). Degradación del ácido ascórbico durante el secado convectivo de papaya Maradol (Carica papaya). *Producción Científica Profesorado*, 1(1), 251-259.
- Pérez, F. (2017). *Fisiología Vegetal*. Pucallpa, Perú.
- Pita, J., y Pérez, F. (1998). *Germinación de semillas (hoja divulgadora)*. Madrid, España: Editorial Mundi-Prensa.
- Pilco-Quesada, S., Tian, Y., Yang, B., Ripo-Carrasco-Valencia, R., y Jukka-Pekka, S. (2020). Efectos de la germinación y el horneado sobre los compuestos fenólicos y propiedades Nutricionales de la quinua (*Chenopodium quinoa*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Cereal Science*, 94(1), 1-7.
- Ponce De León, C., Torija, E., y Cruz, M. (2013). Utilidad en la alimentación de algunas semillas germinadas: brotes de soja y trigo. *Departamento de Nutrición y Bromatología*, 107(1), 47-55.
- Quiroga, C., Ortiz, A., y Escalera, C. (2018). Evaluación de un Proceso Novedoso de Beneficiado en Seco del Grano de Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), Basado en la Aplicación de un Lecho Fluidizado tipo Surtidor. *Investigación y Desarrollo*, 18(1), 17-34.
- Racines, A. (2011). *Investigación de los Germinados de Lenteja, Quínoa, Zanahoria, Mostaza y su Aplicación a la Gastronomía Actual*. (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.
- Rajjou, L., Duval, M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J., Job, C., y Job, D. (2012). Seed Germination and Vigor. *Annual Review of Plant Biology*, 63(1), 507-533.
- Ramos-Aguilar, C., y Villanueva-Verduzco, C. (1998). Producción de germinados de frijol mungo (*Vigna radiata*) y calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma*). *Revista Chapingo Serie*, 4(2), 95-100.
- Repo-Carrasco, R., y Encina, C. R. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y

- compuestos fenólicos de cereales andinos : quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Rev Soc Quim Perú*, 74(2), 85-99.
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., y Jacobsen, S. E. (2003). Nutritional value and use of the andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*, 19(1–2), 179–189.
- Repo-Carrasco, R., Valencia, A., Acevedo, C., Icochea, J., y Kallio, H. (2009). Chemical and functional characterization of kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) grain, extrudate and bran. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64(2), 94–101.
- Reyes, M., Gómez-Sánchez, I., y Espinoza, C. (2017). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos*. Lima, Perú: Editorial Segear.
- Rojas, W., Flores, J., y Mamani, E. (2018). *Manejo del Cultivo en Cañahua*. La Paz, Bolivia.
- Romo, S., Rosero, A., Forero, C., y Ceron, E. (2006). Potencial Nutricional de Harinas de Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) Variedad Piartal en los andes Colombianos primera parte. *Ciencias Agropecuarias*, 4(1), 113–125.
- Shu-Jun, L., Heng-Heng, X., Wei-Qing, W., Ni, L., Wei-Ping, W., Zhuang, L., & Song-Quan, S. (2016). Identificación de proteínas embrionarias asociadas a semillas. germinación y establecimiento de plántulas en arroz en germinación semillas. *Journal of Plant Physiology*, 196-197.
- Tacora, R. L., Luna, G. I., Bravo, R., Mayta, J., Choque, M., y Ibañez, V. (2010). Efecto de la presión de expansión por explosión y temperatura de tostado en algunas características funcionales y fisicoquímicas de dos variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *CienciAgro*, 2(1), 188–198.
- Taiz, L., y Zeiger, E. (2006). *Fisiología Vegetal*. Los Angeles California, Estados Unidos: Editorial Pant Physiology.
- Torrejón, D. R., Martín, B. L., De La Puente, T. B., Nasser, J. R., y Rizzi, R. (2016). La Kañiwa: Nueva Alternativa Alimentaria Para La Prevención De La Desnutrición Y Las Enfermedades Cardiovasculares. *Revista de Salud Pública*, 20(2), 17-21.
- Torres, A., Cova, A., y Valera, D. (2018). Efecto del proceso de germinación de granos de Cajanuscajan en la composición nutricional, ácidos grasos, antioxidantes y bioaccesibilidad mineral. *Revista Chilena de Nutrición*, 45(4), 323–330.

- Torres, J. (2019). *Efecto Comparativo de las Variaciones Producidas en los Constituyentes Funcionales y Capacidad Antioxidante durante el Procesamiento de Harinas Tostadas de Quinoa (Chenopodium quinoa Wild), Cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) y Kiwicha (Amaranthus caudatus L.)* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco, Cusco, Perú.
- Torres, K., y Chávez, K. (2016). “*Efecto del Ácido láctico y Ácido cítrico, como Sanitizante y Antioxidante en tres Variedades de Quinoa (Chenopodium quinoa willd.) Germinada y Almacenada en Refrigeración.*” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- Tovar, C., Perafán, E., Enriquez, M., Pismag, Y., y Ceron, L. (2017). Evaluación del efecto del proceso de extrusión en harina de quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) normal y germinada. *Biotechnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 30-38
- Viña, J. (2017). ¿Envejecemos porque nos Oxidamos o nos oxidamos porque envejecemos? En F. Goñi (Presidencia), XL SEBBM Congress the Annual Congress of the SFBB. Congreso llevado a cabo en Barcelona, España.
- Villegas, M. (2008). Elaboraciones Nutricionales de quinoa y cañihua en base a Análisis químico y Evaluación sensorial por niños de hogares de INABIF-Puno. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Puno, Peru.
- WHO/FAO. (2004). *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación*. Ginebra, Suiza.
- Yada, R. (2017). Proteins in Food Processing. En U. Kingdom. *Woodhead Publishing*, 2(1), 194 - 205.

ANEXOS

Anexo 1: Operacionalización de variables

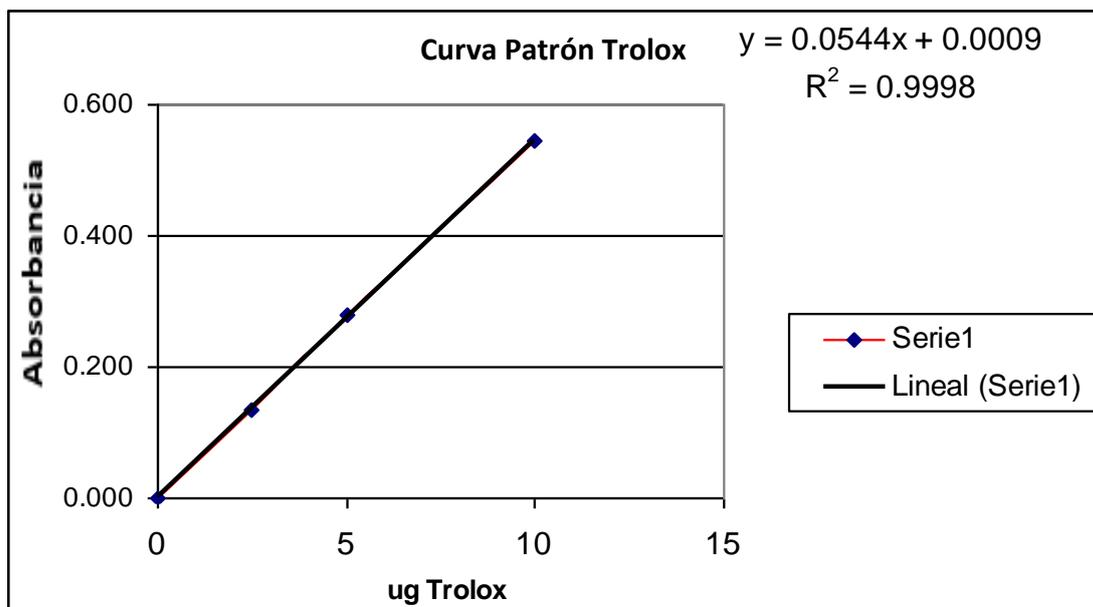
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Dimensiones	Instrumentos	Diseño estadístico
-¿Cuál es el efecto del tiempo y temperatura del germinado de cañihua en la capacidad antioxidante, contenido de proteínas y hierro?	-Evaluar el efecto del tiempo y temperatura del germinado de cañihua en la capacidad antioxidante, contenido de proteína y hierro.	-Tiempo y temperatura del germinado de la cañihua incrementarán en la capacidad antioxidante, contenido de hierro y proteína durante las diferentes etapas del germinado de cañihua.	VI: -Temperaturas (16 y 21°C) -Tiempo (24, 48 y 72hrs)		0 - 55 hrs	Termómetro Cronómetro	Diseño de análisis de varianza ANOVA Diseño completamente al azar (DCA) con dos factores A y B.
			VD: -Capacidad antioxidante -Contenido de proteínas -Hierro Germinado (longitud)	DPPH y ABTS Peso 968.08 y 965.09 AOAC Longitud	gr 0 – 8 mm	Destilador Kjeldahl Espectrofotómetro UV-Visible	
-¿Cuál será la capacidad antioxidante,	-Determinar la capacidad antioxidante,	-Al incrementar la temperatura en el proceso de	VI: -Temperaturas (50 y 60°C) -Tiempo (12 hrs)		0 - 55 hrs	Termómetro cronometro	- Diseño completamn-te al azar (DCA)

contenido proteico y hierro de semillas de cañihua en el proceso de secado?	contenido proteico y hierro de semillas de cañihua en el proceso de secado.	secado mayor será la capacidad antioxidante, contenido proteico y hierro de semillas de cañihua.	VD: -Capacidad antioxidante -Contenido proteico -Hierro. -Análisis fisicoquímico Acidez pH Lípidos Fibra Cenizas Proteína Humedad	DPPH y ABTS peso 968.08 y 965.09 AOAC Porcentaje pH Peso Peso Peso Peso Peso	gr 0 - 8 0 - 14 indicador mgr mgr mgr mgr %	Destilador Kjeldahl Matraz Ph metro digital Equipo Soxhlet Mufla Destilador Kjeldahl Mufla	con tres repeticiones, mediante análisis de varianza ANOVA
---	---	--	---	--	---	---	--

Anexo 2: Lecturas de absorción de la solución de Trolox.

Tubo	Trolox (μg)	Absorbancia a 517nm
Blanco	0	0.00
Control	0	0.987
1	2.5	0.135
2	5	0.278
3	10	0.543
4	20	0.903

Anexo 3: Gráfica de la curva de calibración.



Fuente: Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría UNSAAC (2019)

Anexo 4: Determinación del porcentaje de inhibición del radical DPPH al 50% de cañihua Cupi germinada.

Tubo	Extracto μl	Etanol μl	DPPH 0.096mM (μl)	Abs. 517nm	% Inhibicion
Control	0	2000	1000	0.987	
1	500	1500	1000	0.190	79.44
2	540	1460	1000	0.273	71.09
3	580	1420	1000	0.146	83.94
4	620	1380	1000	0.204	78.05
5	660	1340	1000	0.171	81.40
6	700	1300	1000	0.235	74.85

Anexo 5: Determinación del porcentaje de inhibición del radical DPPH al 50% de cañihua Ramis germinada.

Tubo	Extracto μl	Etanol μl	DPPH 0.096Mm (μl)	Abs. 517nm	% Inhibición
Control	0	2000	1000	0.987	
1	500	1500	1000	0.200	79.74
2	540	1460	1000	0.286	70.99
3	580	1420	1000	0.150	84.77
4	620	1380	1000	0.242	75.51
5	660	1340	1000	0.182	81.55
6	700	1300	1000	0.223	77.38

Anexo 6: Pruebas preliminares para la determinación del volumen del extracto del germinado de cañihua Cupi y Ramis.

Muestras	tubo	extracto μl	metanol μl	DPPH 0.096 Mm (μl)	Abs. 517 nm						% de inhibición	
					1	2	3	4	5	promedio		control
Código	control	0	2000	1000								
CCG7	1	500	1500	1000	0.434	0.388	0.388	0.385	0.372	0.3934	0.987	60.14
CRG7	2	540	1460	1000	0.430	0.419	0.440	0.430	0.444	0.4326		56.17
CCG8	3	580	1420	1000	0.303	0.317	0.308	0.311	0.313	0.3104		68.55
CRG8	4	620	1380	1000	0.495	0.483	0.468	0.479	0.477	0.4804		51.33
CCG9	5	660	1340	1000	0.519	0.484	0.480	0.480	0.477	0.488		50.56
CRG9	6	700	1300	1000	0.488	0.468	0.493	0.447	0.480	0.4752		51.85

Anexo 7: Resultados del análisis de Capacidad Antioxidante (cañihua Cupi).

Tiempo de germinado (hrs)	Temperatura de germinado (°C)	Muestra	Repeticiones					Promedio
			1	2	3	4	5	Trolox CI50 g/100 gr
24 hrs	16 °C	Kañihua Cupi 1	1.921	1.913	1.909	1.884	1.905	1.901
48 hrs	16 °C	Kañihua Cupi 2	2.762	2.715	2.746	2.685	2.754	2.725
72hrs	16 °C	Kañihua Cupi 3	1.459	1.452	1.461	1.452	1.463	1.457
24 hrs	21 °C	Kañihua Cupi 4	2.026	2.030	2.052	2.039	2.030	2.038
48 hrs	21 °C	Kañihua Cupi 5	1.688	1.697	1.721	1.721	1.709	1.708
72hrs	21 °C	Kañihua Cupi 6	2.368	2.334	2.339	2.362	2.379	2.354

Anexo 8: Resultados del Análisis de Capacidad Antioxidante (cañihua Ramis).

Tiempo de germinado (hrs)	Temperatura de germinado (°C)	Muestra	Repeticiones					Promedio
			1	2	3	4	5	Trolox CI50 g/100 gr
24 hrs	16 °C	Kañihua Ramis 1	2.011	2.019	2.007	2.002	1.97	2.000
48 hrs	16 °C	Kañihua Ramis 2	2.928	2.893	2.859	2.842	2.859	2.863
72hrs	16 °C	Kañihua Ramis 3	1.496	1.508	1.494	1.506	1.503	1.503
24 hrs	21 °C	Kañihua Ramis 4	2.414	2.39	2.432	2.408	2.438	2.417
48 hrs	21 °C	Kañihua Ramis 5	1.821	1.834	1.817	1.811	1.821	1.821
72hrs	21 °C	Kañihua Ramis 6	2.238	2.253	2.217	2.233	2.233	2.233

Anexo 9: Información de nivel de clase para capacidad antioxidante de la cañihua germinada de la variedad Cupi.

Clase	Nivel	Valores
Tiempo	6	24, 48 y 72 horas
Tratamiento	2	16 y 21°C
Número de observaciones	30	

Anexo 10: Coeficiente de variable para capacidad antioxidante la variedad Cupi.

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	media
0.998527	0.882560	0.017938	2.032533

Anexo 11: Información de nivel de clase para capacidad antioxidante de la cañihua germinada de la variedad Ramis.

Clase	Nivel	Valores
Tiempo	6	24, 48 y 72 horas
Tratamiento	2	16 y 21°C
Número de observaciones	30	

Anexo 12: Coeficiente de variable para capacidad antioxidante de la variedad Ramis.

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	media
0.998492	0.890415	0.019072	2.141900

-Verificación de los supuestos de Normalidad para el ANOVA de la variedad Cupi y Ramis (Capacidad antioxidante)

Anexo 13: Información de nivel de clase para la variedad Cupi (Capacidad antioxidante).

Clase	Nivel	Valores
Tratamiento	6	(16°C) 24, 48, 72 y (21°C) 24,
Número de observaciones	30	48, 72

Anexo 14: Análisis de varianza para la capacidad antioxidante (cañihua Cupi) mediante supuestos de ANOVA.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
Tratamiento	5	5.23620467	1.04724093	3254.49	<.0001
Error	24	0.00772280	0.00032178		
Total Corregido	29	5.24392747			

Anexo 15: Coeficiente de variable para la variedad Cupi (media).

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	media
0.998527	0.882560	0.017938	2.032533

Anexo 16: Estimaciones de parámetros de las variables para obtener el tiempo para la capacidad antioxidante.

Variable	DF	Parámetro Estimación	Estándar Error	Valor t	Pr > t	Type I SS
Interceptar	1	1.16020	0.57494	2.02	0.0536	123.93575
Tiempo	1	0.04548	0.02720	1.67	0.1061	0.02048
Tiempo2	1	-0.00048767	0.00028046	-1.74	0.0935	0.52603

Se realizó la optimización del modelo:

La ecuación estimada tiene un óptimo de tiempo para la variedad Cupi.

$$\frac{dY}{dT} = 0$$

$$\frac{d\hat{Y}}{dT} = 1.1602 + 0.04548T - 0.00048767T^2 = 0$$

$$= 2 * -0.00048767 = 0.00097534$$

Derivando y despejando el tiempo se tiene:

El valor óptimo para el tiempo es igual T= 46.63~ 47.0

Anexo 17: Información de nivel de clase para capacidad antioxidante de la variedad Ramis.

Clase	Nivel	Valores
Tratamiento	6	(16°C) 24, 48, 72 y (21°C) 24,
Número de observaciones	30	48, 72

Anexo 18: Análisis de varianza para la capacidad antioxidante (cañihua Ramis) mediante supuestos de ANOVA.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
Tratamiento	5	5.78075310	1.15615062	3178.57	<.0001
Error	24	0.00872960	0.00036373		
Total Corregido	29	5.78948270			

Anexo 19: Coeficiente de variable para capacidad antioxidante de la variedad Ramis.

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	media
0.998492	0.890415	0.019072	2.141900

Anexo 20: Estimaciones de parámetros de las variables para obtener el tiempo para la capacidad antioxidante.

Variable	DF	Parámetro Estimación	Estándar Error	Valor t	Pr > t	Type I SS
Interceptar	1	1.44990	0.56696	2.56	0.0165	137.63207
Tiempo	1	0.04455	0.02683	1.66	0.1084	0.58141
Tiempo2	1	-0.00053802	0.00027656	-1.95	0.0622	0.64025

Se realizó la optimización del modelo:

La ecuación estimada y tiene un óptimo de tiempo para la variedad Ramis.

$$\frac{dY}{dT} = 0$$

$$\frac{d\hat{Y}}{dT} = 1.4499 + 0.04455T - 0.00053802T^2 = 0$$

$$= 2 * -0.00107604 = 41.40180662$$

Derivando y despejando el tiempo se tiene:

El valor óptimo para el tiempo es igual T= 41.40~ 41.0

Anexo 21: Información de nivel de clase para contenido proteico la variedad Cupi.

Clase	Nivel	Valores
Tiempo	3	24, 48, 72
Temperatura	2	16,21

Anexo 22: Coeficiente de variable para contenido proteico de la variedad Cupi.

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	media
0.998281	1.273221	0.105225	8.264444

Anexo 23: Coeficiente de variable para contenido proteico de la variedad Ramis.

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	media
0.999484	0.753694	0.059161	7.849444

-Verificación de los supuestos de Normalidad para el ANOVA de la variedad Cupi y Ramis (Contenido proteico)

Anexo 24: Información de nivel de clase para contenido proteico la variedad de cañihua Cupi y Ramis.

Clase	Nivel	Valores
Tiempo	3	24, 48, 72
Temperatura	2	16,21

Anexo 25: Análisis de varianza para contenido proteico (cañihua Cupi) mediante supuestos de ANOVA.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
Tratamiento	5	77.15917778	15.43183556	1393.74	<.0001
Error	12	0.13286667	0.01107222		
Total Corregido	17	77.29204444			

Anexo 26: Coeficiente de variable para contenido proteico la variedad Cupi.

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	media
0.998281	1.273221	0.105225	8.264444

Anexo 27: Análisis de varianza para contenido proteico (cañihua Ramis) mediante supuestos de ANOVA.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
Tratamiento	5	81.35529444	16.27105889	4648.87	<.0001
Error	12	0.04200000	0.00350000		
Total Corregido	17	81.39729444			

Anexo 28: Coeficiente de variable para contenido proteico de la variedad Ramis.

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	media
0.999484	0.753694	0.059161	7.849444

Anexo 29: Análisis de varianza para contenido proteico de la cañihua Cupi mediante supuestos de ANOVA.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
Modelo	2	8.32048	4.16024	0.90	0.4256
Error	12	68.97157	4.59810		
Total Corregido	17	77.29204			

Anexo 30: Coeficiente de variable para contenido proteico variedad Cupi.

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	Media dependiente	Adj R-Sg
0.1076	25.94632	2.14432	8.26444	-0.0113

Anexo 31: Estimaciones de parámetros de las variables para obtener el tiempo para contenido proteico (cañihua Cupi).

		Parámetro	Estándar			
Variable	DF	Estimación	Error	Valor t	Pr > t	Type I SS
Interceptar	1	12.99667	3.81584	3.41	0.0039	1229.41876
Tiempo	1	-0.20497	0.18055	-1.14	0.2741	3.53168
Tiempo2	1	0.00190	0.00186	1.02	0.3237	4.78880

Se realizó la optimización del modelo:

La ecuación estimada y tiene un óptimo de tiempo para (cañihua Cupi) del contenido proteico.

$$\frac{dY}{dT} = 0$$

$$\frac{d\hat{Y}}{dT} = 12.99667 + 0.20497T - 0.00190T^2 = 0$$

$$= 2 * -0.00190 = 0.0038$$

Derivando y despejando el tiempo se tiene:

El valor óptimo para el tiempo es igual T= **53.9394737 ~ 54**

Anexo 32: Información de nivel de clase para contenido proteico de la variedad Ramis.

Clase	Nivel	Valores
Tiempo	3	24, 48, 72
Temperatura	2	16,21

Anexo 33: Análisis de varianza para contenido proteico (cañihua Ramis) mediante supuestos de ANOVA.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
Modelo	2	28.21054	14.10527	3.98	0.0411
Error	12	53.18675	3.54578		
Total Corregido	17	81.39729			

Anexo 34: Coeficiente de variable para contenido proteico de la variedad Ramis.

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	Media dependiente	Adj R-Sg
0.3466	23.98928	1.88303	7.84944	0.2595

Anexo 35: Estimaciones de parámetros de las variables para obtener el tiempo para contenido proteico de la variedad Ramis.

		Parámetro	Estándar			
Variable	DF	Estimación	Error	Valor t	Pr > t	Type I SS
Interceptar	1	16.78833	3.35087	5.01	0.0002	1109.04801
Tiempo	1	-0.39372	0.15854	-2.48	0.0253	9.99187
Tiempo2	1	0.00371	0.00163	2.27	0.0386	18.21867

Se realizó la optimización del modelo:

La ecuación estimada y tiene un óptimo de tiempo para (cañihua Ramis) del contenido proteico.

$$\frac{dY}{dT} = 0$$

$$\begin{aligned} \frac{d\hat{Y}}{dT} &= 16.78833 + 0.39372T - 0.00371T^2 = 0 \\ &= 2 * -0.00371 = 0.00742 \end{aligned}$$

Derivando y despejando el tiempo se tiene:

El valor óptimo para el tiempo es igual T= 53.06199461 ~ 53

Anexo 36: Información de nivel de clase para contenido de hierro de la variedad Cupi y Ramis.

Clase	Nivel	Valores
Tiempo	3	24, 48, 72
Temperatura	2	16,21

Anexo 37: Coeficiente de variable para contenido de hierro de la variedad Cupi.

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	media
0.998167	0.257575	0.041833	16.24111

Anexo 38: Coeficiente de variable para contenido de hierro de la variedad Ramis.

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	media
0.999090	0.295248	0.047668	16.14500

-Verificación de los supuestos de Normalidad para el ANOVA de la variedad Cupi y Ramis

Anexo 39: Información de nivel de clase para contenido de hierro de la variedad de cañihua Cupi y Ramis.

Clase	Nivel	Valores
tratamiento	3	24, 48, 72
Temperatura	2	16,21

Anexo 40: Análisis de varianza para contenido de hierro (cañihua Cupi) mediante supuestos de ANOVA.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
Tratamiento	5	11.43817778	2.28763556	1307.22	<.0001
Error	12	0.02100000	0.00175000		
Total Corregido	17	11.45917778			

Anexo 41: Coeficiente de variable para contenido de hierro de la variedad Cupi.

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	media
0.998167	0.257575	0.041833	16.24111

Anexo 42: Análisis de varianza para contenido de hierro (cañihua Ramis) mediante supuestos de ANOVA.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
Tratamiento	5	29.94078333	5.98815667	2635.37	<.0001
Error	12	0.02726667	0.00227222		
Total Corregido	17	29.96805000			

Anexo 43: Coeficiente de variable para contenido de hierro de la variedad Ramis.

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	media
0.999090	0.295248	0.047668	16.14500

Anexo 44: Análisis de varianza para contenido hierro de la cañihua Cupi germinada mediante supuestos de ANOVA.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
Tratamiento	5	2.18741	1.09371	1.77	0.2042
Error	12	9.27177	0.61812		
Total Corregido	17	11.45918			

Anexo 45: Coeficiente de variable para contenido de hierro de la variedad Cupi.

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	Media dependiente	Adj R-Sg
0.1909	4.84083	0.78620	16.24111	0.0830

Anexo 46: Estimaciones de parámetros de las variables para obtener el tiempo para contenido hierro (cañihua Cupi).

Variable	DF	Parámetro Estimación	Estándar Error	Valor t	Pr > t	Type I SS
Interceptar	1	17.97667	1.39906	12.85	<.0001	4747.92642
Tiempo	1	-0.06378	0.06620	-0.96	0.3505	1.86441
Tiempo2	1	0.00049334	0.00068247	0.72	0.4809	0.32300

Se realizó la optimalización del modelo:

La ecuación estimada y tiene un óptimo de tiempo para (cañihua Cupi) del contenido hierro.

$$\frac{dY}{dT} = 0$$

$$\frac{d\hat{Y}}{dT} = 17.97667 + 0.06378T - 0.00049334T^2 = 0$$

$$= 2 * -0.00049334 = 0.00098668$$

Derivando y despejando el tiempo se tiene:

El valor óptimo para el tiempo es igual T= 64.6410184 ~ 65

Anexo 47: Información de nivel de clase para contenido de hierro de la variedad Ramis.

Clase	Nivel	Valores
tratamiento	3	24, 48, 72
Temperatura	2	16,21

Anexo 48: Análisis de varianza para contenido hierro (cañihua Ramis) mediante supuestos de ANOVA.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
Modelo	2	9.81363	4.90682	3.65	0.0510
Error	12	20.15442	1.34363		
Total Corregido	17	29.96805			

Anexo 49: Coeficiente de variable para contenido hierro de la variedad Ramis.

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	Media dependiente	Adj R-Sg
0.3275	7.17962	1.15915	16.14500	0.2378

Variable	DF	Parámetro Estimación	Estándar Error	Valor t	Pr > t	Type I SS
Interceptar	1	21.64833	2.06272	10.50	<.0001	4691.89845
Tiempo	1	-0.26243	0.09760	-2.69	0.0168	0.57203
Tiempo2	1	0.00264	0.00101	2.62	0.0192	9.24160

Se realizó la optimización del modelo:

La ecuación estimada y tiene un óptimo de tiempo para (cañihua Ramis) del contenido hierro.

$$\frac{dY}{dT} = 0$$

$$\begin{aligned}\frac{d\hat{Y}}{dT} &= 21.64833 + 0.26243T - 0.00264T^2 = 0 \\ &= 2 * -0.00264 = 0.00528\end{aligned}$$

Derivando y despejando el tiempo se tiene:

El valor óptimo para el tiempo es igual $T = 49.7026515 \sim 50$

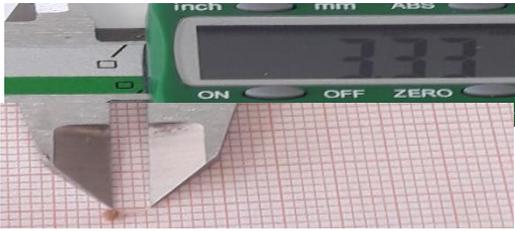
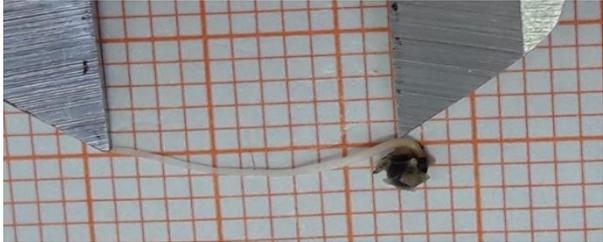
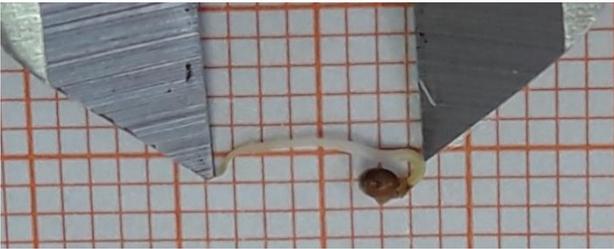
Anexo 50: Longitud de Radícula de cañihua Cupi y Ramis (21°C).

Temperatura de germinado (21°C)		Repeticiones					Promedio (mm)
Tiempo (hrs)	Muestras	1	2	3	4	5	
24	Cañihua Cupi	7.84	7.42	7.19	5.34	5.80	6.72
48	Cañihua Cupi	11.8	10.46	9.95	10.37	11.92	10.9
72	Cañihua Cupi	18.44	17.26	14.63	12.63	14.65	15.52
24	Cañihua Ramis	7.99	8.59	9.89	9.63	7.86	8.79
48	Cañihua Ramis	15.8	13.23	15.34	12.58	15.32	14.45
72	Cañihua Ramis	24.61	23.72	22.86	23.75	24.02	23.79

Anexo 51: Longitud de Radícula de cañihua Cupi y Ramis (16°C).

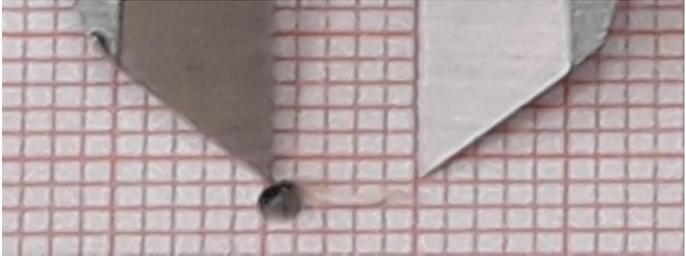
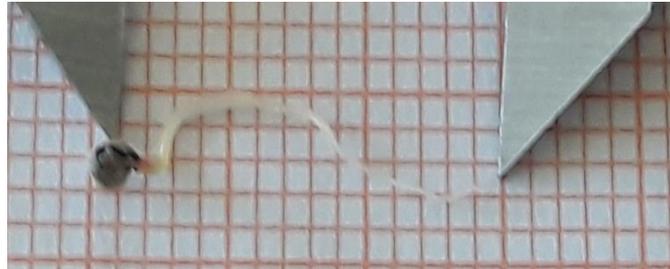
Temperatura de germinado (16°C)		Repeticiones					Promedio (mm)
Tiempo (hrs)	Muestras	1	2	3	4	5	
24	Cañihua Cupi	3.16	3.16	3.33	3.10	3.08	3.16
48	Cañihua Cupi	4.87	5.12	7.53	11.11	9.36	7.60
72	Cañihua Cupi	13.9	12.83	12.36	13.35	13.8	13.25
24	Cañihua Ramis	3.95	4.74	4.3	5.08	3.72	4.36
48	Cañihua Ramis	13.48	15.34	10.25	8.72	8.23	11.20
72	Cañihua Ramis	20.43	16.96	15.32	18.39	18.88	18.00

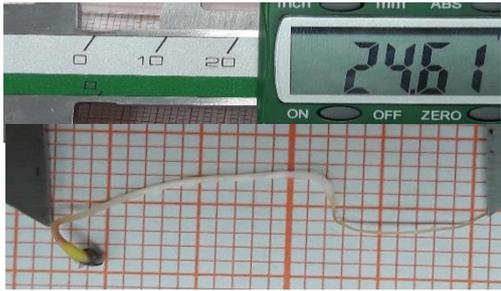
Anexo 52: Longitud de las radículas de cañihua Cupi (16 y 21°C).

Temperatura	Tiempo	Longitud de la radícula
16°C	24	  <p>3.16 - 3.33mm</p>
16°C	48	  <p>5.12mm – 11.03mm</p>
16°C	72	  <p>12.36 - 13.14 mm</p>
21°C	24	  <p>5.35 – 7.79 mm</p>
21°C	48	  <p>9.95 -10.46 mm</p>

21°C	72	
		
14.65 – 17.26 mm		

Anexo 53: Longitud de las radículas de cañihua Ramis (16 y 21°C).

Temperatura	Tiempo	Longitud de la radícula
16°C	24	
		
4.74 – 5.08mm		
16°C	48	
		
7.17mm – 9.36		
16°C	72	
		
16.96 – 18.88mm		

21°C	24			7.99mm - 9.63mm
21°C	48			13.90mm – 15.32
21°C	72			23.72 – 24.61 mm

Anexo 54: Información de nivel de clase para capacidad antioxidante de la variedad Cupi y Ramis (Secado).

Clases	Niveles	Valores
variedad	2	Cupi, Ramis
Temperatura	3	50, 60 y T.A
Numero de observaciones		30

Anexo 55: Número de tratamientos respecto al media (capacidad antioxidante).

código	media	N	Tratamiento
A	1.88120	5	Ramis TA
A	1.87000	5	Cupi TA
A	1.86160	5	Ramis 60
B	1.73600	5	Ramis 50
C	1.62400	5	Cupi 50
D	1.41080	5	Cupi 60

Anexo 56: Análisis de varianza para Capacidad antioxidante de la cañihua Cupi y Ramis mediante supuestos de ANOVA (Secado).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
Tratamiento	5	0.86469240	0.17293848	71.88	<.0001
error	24	0.05774280	0.00240595		
Total Corregido	29	0.92243520			

Anexo 57: Coeficiente de variable para capacidad antioxidante la variedad Cupi y Ramis (secado).

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	Media Trolox
0.937402	2.834305	0.049050	1.730600

-Verificación de los supuestos de Normalidad para el ANOVA de la variedad Cupi y Ramis (secados)

Anexo 58: Prueba de Levene para la homogeneidad de la varianza de los residuos ANOVA de las desviaciones absolutas de las medias del grupo.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
Tratamiento	5	0.00690	0.00138	1.69	0.1764 ns.
error	24	0.0196	0.000818		

Anexo 59: Prueba de Brown y Forsythe's para la homogeneidad de la varianza de los residuos ANOVA de desviaciones absolutas de las medias del grupo.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
Tratamiento	5	0.00454	0.000907	0.58	0.7141 ns.
error	12	0.0375	0.00156		

Anexo 60: Prueba de Bartlett's para la homogeneidad de la varianza RESID.

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Tratamiento	5	11.8009	0.0376 *

Anexo 61: Información de nivel de clase para contenido proteico la variedad Cupi y Ramis (Secado).

Clases	Niveles	Valores
variedad	2	Cupi, Ramis
Temperatura	3	50, 60 y T.A
Numero de observaciones		18

Anexo 62: Análisis de varianza para Contenido proteico (cañihua Cupi y Ramis) mediante supuestos de ANOVA (secado).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
Tratamiento	5	39.63746667	7.92749333	397.48	<.0001
Error	12	0.23933333	0.01994444		
Total (Corregido)	17	39.87680000			

Anexo 63: Coeficiente de variable para contenido proteico la variedad Cupi y Ramis (secado).

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	Media (proteína)
0.993998	0.795334	0.141225	17.75667

Anexo 64: Número de tratamientos respecto al media (contenido proteico).

Código	media	N	Tratamiento
A	19.9967	3	Cupi TA
B	19.0867	3	Cupi 50
C	18.1867	3	Ramis 60
D	17.2000	3	Cupi 60
E	16.0733	3	Ramis TA
F	15.9967	3	Ramis 50

-Verificación de los supuestos de Normalidad para el ANOVA de la variedad Cupi y Ramis (contenido proteico)**Anexo 65: Prueba de Levene para la homogeneidad de la varianza de los residuos ANOVA de las desviaciones absolutas de las medias del grupo.**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
Tratamiento	5	0.0369	0.00738	1.84	0.1791 NS.
error	12	0.0481	0.00401		

Anexo 66: Prueba de Brown y Forsythe's para la homogeneidad de la varianza de los residuos ANOVA de desviaciones absolutas de las medias del grupo.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
Tratamiento	5	0.0338	0.00676	0.47	0.7905 NS.
error	12	0.1719	0.0143		

Anexo 67: Prueba de Bartlett's para la homogeneidad de la varianza RESID.

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Tratamiento	4	0.9358	0.9194 NS.

Anexo 68: Información de nivel de clase para contenido de hierro de la variedad Cupi y Ramis (secado).

Clases	Niveles	Valores
variedad	2	Cupi, Ramis
Temperatura	3	50, 60 y T.A
Numero de observaciones		18

Anexo 69: Número de tratamientos respecto al media (contenido de hierro).

Código	media	N	Tratamiento
A	19.17333	3	Cupi 50
B	18.10667	3	Cupi TA
C	16.07667	3	Cupi 60
D	15.91000	3	Ramis TA
E	15.58333	3	Ramis 60
F	14.51000	3	Ramis 50

Anexo 70: Análisis de varianza para contenido de hierro cañihua Cupi y Ramis mediante supuestos de ANOVA (secado).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
Tratamiento	5	45.10253333	9.02050667	5042.52	<.0001
Error	12	0.02146667	0.00178889		
Total (Corregido)	17	45.12400000			

Anexo 71: Coeficiente de variable para contenido de hierro de la variedad Cupi y Ramis (secado).

R-Cuadrado	Coeficiente variable	Raíz MSE	Media (proteína)
0.999524	0.255406	0.042295	16.56000

-Verificación de los supuestos de Normalidad para el ANOVA de la variedad Cupi y Ramis (contenido de hierro)**Anexo 72: Prueba de Levene para la homogeneidad de la varianza de los residuos ANOVA de las desviaciones absolutas de las medias del grupo.**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
Tratamiento	5	0.00333	0.000666	2.29	0.1117 NS.
error	12	0.00350	0.000291		

Anexo 73: Prueba de Brown y Forsythe's para la homogeneidad de la varianza de los residuos ANOVA de desviaciones absolutas de las medias del grupo.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	valor-F	Pr > F
Tratamiento	5	0.00144	0.000289	0.22	0.9460 NS.
error	12	0.0156	0.00130		

Anexo 74: Prueba de Bartlett's para la homogeneidad de la varianza RESID.

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Tratamiento	5	3.2483	0.6618 NS.

Anexo 75: Análisis fisicoquímico de la cañihua Cupi.

Componentes	Repeticiones			Promedio
	Resultado 1	Resultado 2	Resultado 3	g/100g
Ensayo				
Humedad	10.55	10.58	10.56	10.56
Proteína	19.92	19.92	20.15	20.00
Fibra	9.58	9.5	9.62	9.57
Cenizas totales	2.87	2.96	2.91	2.91
Grasa	4.52	4.48	4.4	4.47
Carbohidratos	52.56	52.56	52.36	52.49

Anexo 76: Análisis fisicoquímico de la cañihua Ramis.

Componentes	Repeticiones			Promedio
	Resultado 1	Resultado 2	Resultado 3	g/100g
Ensayo				
Humedad	10.25	10.23	10.22	10.23
Proteína	15.85	16.07	16.3	16.07
Fibra	10.02	10.05	9.95	10.01
Cenizas totales	2.91	2.74	2.84	2.83
Grasa	5.08	5.1	5.59	5.26
Carbohidratos	55.87	55.81	55.09	55.59

Anexo 77: Análisis fisicoquímico de cañihua Cupi (secado a 50 y 60°C).

Componente	Secado (g/100gr)	
	50°C	60°C
Humedad	13.39	11.18
Proteína	19.92	18.79
Fibra	9.48	9.71
Cenizas totales	2.52	2.81
Grasa	4.23	4.92
carbohidratos	50.46	52.59

Anexo 78: Análisis fisicoquímico de cañihua Ramis (secado a 50 y 60°C).

Componente	Secado (g/100gr)	
	50°C	60°C
Humedad	14.38	11.95
Proteína	18.56	19.69
Fibra	9.65	9.71
Cenizas totales	2.76	2.3
Grasa	4.88	4.18
carbohidratos	52.5	50.28

Anexo 79: Capacidad antioxidante de la cañihua germinado y secado de las variedades Cupi y Ramis en estudio.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
 LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRÍA - Pabellón de Control de Calidad
 AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto 973868855

RESULTADOS

Cusco, 23 de Octubre del 2019

Solicitante : Esther Nilda Nina Ayque
Tipo de Análisis : Actividad Antioxidante
Metodo : DPPH
Tipo de Muestras : Cañihua Germinada Fresco y Seco
Cantidad de Muestra : Cañihua Cupi 1, 2, 3, 4, 5, 6 (Fresco), 7, 8, 9 (Seco)
 Cañihua Ramis 1, 2, 3, 4, 5, 6 (Fresco), 7, 8, 9 (Seco)
 10gr aprox. de cada uno
Almacenamiento : 4 °C
Condiciones de Análisis por Espectrofotometro
Equipo : Espectrofotometro Genesis 20 Thermo Electron
Longitud de Onda : 517 nm
Celda de Lectura : Cubetas de Vidrio de 1cm₁
Ecuacion de la curva patrón : $y = 0.0544x + 0.0009$, $R^2 = 0.9998$
Lecturas por Muestra : 5

Muestra	Repeticiones					Promedio Trolox CI50 g/100 gr
	1	2	3	4	5	
Kañihua Cupi 1 Fresco	1.921	1.913	1.909	1.898	1.884	1.901
Kañihua Cupi 2 Fresco	2.782	2.715	2.746	2.685	2.754	2.725
Kañihua Cupi 3 Fresco	1.459	1.452	1.461	1.452	1.463	1.457
Kañihua Cupi 4 Fresco	2.026	2.03	2.052	2.039	2.03	2.038
Kañihua Cupi 5 Fresco	1.688	1.697	1.721	1.703	1.709	1.708
Kañihua Cupi 6 Fresco	2.368	2.334	2.339	2.362	2.379	2.354
Kañihua Cupi 7 Seco	1.737	1.608	1.608	1.600	1.567	1.596
Kañihua Cupi 8 Seco	1.396	1.424	1.406	1.412	1.416	1.415
Kañihua Cupi 9 Seco	1.982	1.855	1.841	1.841	1.831	1.842
Kañihua Ramis 1 Fresco	2.011	2.019	2.007	2.002	1.97	2.000
Kañihua Ramis 2 Fresco	2.928	2.893	2.859	2.842	2.859	2.863
Kañihua Ramis 3 Fresco	1.496	1.508	1.494	1.506	1.503	1.503
Kañihua Ramis 4 Fresco	2.414	2.39	2.432	2.408	2.438	2.417
Kañihua Ramis 5 Fresco	1.821	1.834	1.817	1.811	1.821	1.821
Kañihua Ramis 6 Fresco	2.238	2.253	2.217	2.233	2.227	2.233
Kañihua Ramis 7 Seco	1.728	1.695	1.758	1.728	1.771	1.738
Kañihua Ramis 8 Seco	1.912	1.870	1.820	1.856	1.850	1.849
Kañihua Ramis 9 Seco	1.926	1.854	1.944	1.785	1.897	1.870

Nota: Los resultados obtenidos en la determinación de actividad antioxidante fue realizado por quintuplicado, expresa el Coeficiente de Inhibición al 50% (CI₅₀ o IC₅₀) en gramos equivalentes Trolox que están presente en 100 gr de muestra. La metodología desarrollada es de acuerdo a la literatura publicada.

- Brand-Williams W., M. Cuvelier and C. Berset; (1997) Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, Lebensm. Wiss. U. Technol. 28, 25-30.
- Norul Liza A-Rahaman, Lee Suan Chua, Mohamad Roji Sarmidi, Ramlan Aziz (2013) Physicochemical and radical scavenging activities of honey samples from Malaysia Agricultural Sciences Vol.4, No.58, 46-51.
- Pugliese A.G, Francisco A. Tomas-Barberan, Pilar Truchado, Maria I. Genovese, Flavonoids, Proanthocyanidins, Vitamin C, and Antioxidant Activity of Theobroma grandiflorum (Cupuassu) Pulp and Seeds J Agric Food Chem. 2013 Mar 20;61(11):2720-8. doi: 10.1021/jf304349u. Epub 2013 Mar 6.
- Philip Molyneux 2004, The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity Songklanakarín J. Sci. Technol, 26(2) : 211-219.

Quim. Jorge Choquenaira Pari
 Analista del Laboratorio de Cromatografía y
 Espectrometría - UNSAAC.
 CCP - 914

Anexo 80: Análisis contenido proteico y hierro en la cañihua germinada de las variedades Cupi y Ramis en estudio.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Av. Floral 1153, C.U. Telf. (051) 366080 IP. 20102 Casilla 291 e-mail: fca-una@eudoramail.com



LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Nro. 0195-2019-LENA-EPIA



SOLICITANTE : ESTHER NILDA NINA AYQUE
PROCEDENCIA : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
TÍTULO DE TESIS : "CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, CONTENIDO PROTEICO Y HIERRO EN EL PROCESO DE GERMINADO Y SECADO DE LA CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)"
PRODUCTOS : CAÑIHUA GERMINADA FRESCO Y SECO
ENSAYO SOLICITADO: ANALISIS DE PROTEINA Y HIERRO
FECHA DE RECEPCION: 09 DE OCTUBRE DEL 2019
FECHA DE ENSAYO : 09 DE OCTUBRE DEL 2019
FECHA DE EMISION 25 DE OCTUBRE DEL 2019



RESULTADOS:

De acuerdo al Informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son:



RESULTADOS DE HUMEDAD, PROTEINA Y HIERRO (MUESTRA DE CAÑIHUA GERMINADO FRESCO)

N° DE MUESTRAS	CLAVE DE IDENTIFICACIÓN	%		mg/100
		HUMEDAD	PROTEINA	HIERRO
1	1 C - R1 R2 R3	38.35	10.12	15.66
			10.12	15.75
			10.27	15.69
Promedio			10.17	15.7
	1 R - R1 R2 R3	37.81	10.97	15.82
			11.07	15.86
			10.93	15.94
Promedio			10.99	15.87
3	2 C - R1 R2 R3	56.03	7.42	15.35
			7.37	15.42
			7.37	15.38
Promedio			7.39	15.38
4	2 R - R1 R2 R3	56.92	5.88	13.68
			5.88	13.64
			5.88	13.73
Promedio			5.88	13.68
	3 C - R1 R2 R3	48.05	11.27	16.12
			11.27	16.18
			11.42	16.08
Promedio			11.32	16.13
	3 R - R1 R2 R3	43.08	10.25	15.98
			10.1	15.87
			10.1	15.91
Promedio			10.15	15.92
7	4 C - R1 R2 R3	57.57	8.42	17.76
			8.05	17.81
			8.05	17.71
Promedio			8.17	17.76
8	4 R - R1 R2 R3	43.97	7.89	17.82
			7.99	17.87
			7.99	17.91
Promedio			7.96	17.87
9	5 C - R1 R2 R3	58.65	7.75	16.75
			7.65	16.69
			7.65	16.72
Promedio			7.68	16.72
10	5 R - R1 R2 R3	57.1	6.94	16.57
			7.04	16.63
			6.94	16.54
Promedio			6.97	16.58
11	6 C - R1 R2 R3	42.89	4.83	15.76
			4.9	15.79
			4.83	15.72
Promedio			4.85	15.76
12	6 R - R1 R2 R3	41.35	5.1	16.95
			5.17	16.92
			5.17	16.97
Promedio			5.15	16.95





RESULTADOS DE HUMEDAD, PROTEINA Y HIERRO (MUESTRA DE CAÑIHUAGERMINADO SECO)

Table with 5 columns: N° DE MUESTRAS, CLAVE DE IDENTIFICACIÓN, % HUMEDAD, % PROTEINA, mg/100 HIERRO. Contains data for samples 1, 2, 3, and 4 with their respective averages.

Handwritten signature in blue ink.

RESULTADOS DE PROTEINA Y HIERRO (MUESTRA CAÑIHUA SIN GERMINAR)

Table with 5 columns: N° DE MUESTRAS, CLAVE DE IDENTIFICACIÓN, % HUMEDAD, % PROTEINA, mg/100 HIERRO. Contains data for samples 1 and 2 with their respective averages.

METODOS UTILIZADOS EN LABORATORIO: AOAC. 2002

CONCLUSIÓN : Los resultados Físico Químicos están conformes

Puno, C.U. 25 de Octubre del 2019



Oswaldo Apaza Alca INGENIERO AGRONÓMICO

Pag. 3 de 3



Dr. Luis Alberto Jimenez Monroy CIP. 18512 JEFE DE LABORATORIO

Anexo 81: Análisis Físicoquímico de la cañihua germinado y secado de las variedades Cupi y Ramis en estudio.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Av. Floral 1153, C.U. Telf. (051) 366080 IP. 20102 Casilla 291 e-mail: fca-una@eudoramail.com



LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Nro. 0196-2019-LENA-EPIA



SOLICITANTE : ESTHER NILDA NINA AYQUE
PROCEDENCIA : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
TÍTULO DE TESIS : "CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, CONTENIDO PROTEICO Y HIERRO EN EL PROCESO DE GERMINADO Y SECADO DE LA CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)"
PRODUCTOS : CAÑIHUA GERMINADA Y SECADO
ENSAYO SOLICITADO: FISICO QUIMICO
FECHA DE RECEPCION: 15 DE OCTUBRE DEL 2019
FECHA DE ENSAYO : 15 DE OCTUBRE DEL 2019
FECHA DE EMISION : 31 DE OCTUBRE DEL 2019



RESULTADOS:

De acuerdo al Informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son:

DETERMINACIONES FÍSICO QUÍMICAS DE CAÑIHUA SIN GERMINAR

CAÑIHUA VARIEDAD CUP1 (Clave de identificación - 9C)				
Ensayo	Repeticiones			Promedio
	Resultado 1	Resultado 2	Resultado 3	
Humedad %	10.55	10.58	10.56	10.56
Proteína %	19.92	19.92	20.15	20.00
Fibra %	9.58	9.5	9.62	9.57
Cenizas totales %	2.87	2.96	2.91	2.91
Grasa %	4.52	4.48	4.4	4.47
Carbohidratos %	52.56	52.56	52.36	52.49
Acidez	0.14	0.14	0.14	0.14
ph	6.75	6.8	6.77	6.77



DETERMINACIONES FÍSICO QUÍMICAS DE CAÑIHUA SIN GERMINAR



CAÑIHUA VARIEDAD RAMIS (Clave de identificación - 9R)				
Ensayo	Repeticiones			Promedio
	Resultado 1	Resultado 2	Resultado 3	
Humedad %	10.25	10.23	10.22	10.23
Proteína %	15.85	16.07	16.3	16.07
Fibra %	10.02	10.05	9.95	10.01
Cenizas totales %	2.91	2.74	2.84	2.83
Grasa %	5.08	5.1	5.59	5.26
Carbohidratos %	55.87	55.81	55.09	55.59
Acidez	0.15	0.15	0.15	0.15
pH	6.81	6.82	6.81	6.81



DETERMINACIONES FÍSICO QUÍMICAS DE CAÑIHUA GERMINADO Y SECADO

CAÑIHUA VARIEDAD CUPI (Clave de identificación - 7C)		CAÑIHUA VARIEDAD RAMIS (Clave de identificación - 7R)	
Ensayo	Promedio	Ensayo	Promedio
Humedad %	13.39	Humedad %	14.38
Proteína %	19.92	Proteína %	18.56
Fibra %	9.48	Fibra %	9.65
Cenizas totales %	2.52	Cenizas totales %	2.76
Grasa %	4.23	Grasa %	4.88
Carbohidratos %	50.46	Carbohidratos %	52.5
Acidez	0.16	Acidez	0.18
pH	6.05	pH	5.67



DETERMINACIONES FÍSICO QUÍMICAS DE CAÑIHUA GERMINADO Y SECADO

CAÑIHUA VARIEDAD CUPI (Clave de identificación - 8C)		CAÑIHUA VARIEDAD RAMIS (Clave de identificación - 8R)	
Ensayo	Promedio	Ensayo	Promedio
Humedad %	11.18	Humedad %	11.95
Proteína %	18.79	Proteína %	19.69
Fibra %	9.71	Fibra %	9.71
Cenizas totales %	2.81	Cenizas totales %	2.30
Grasa %	4.92	Grasa %	4.18
Carbohidratos %	52.59	Carbohidratos %	50.28
Acidez	0.15	Acidez	0.17
Ph	6.03	pH	5.61

METODOS UTILIZADOS EN LABORATORIO:

- AOAC. 2002

CONCLUSIÓN : Los resultados Físico Químicos están conformes.

Puno, C.U. 31 de Octubre del 2019



Oswaldo Arpaqui Alca
INGENIERO AGRONÓMICO INDUSTRIAL
C.I.P. 160625


JEFATURA
Alimentos e Instrumentación
UNA PUNO


Dr. Luis Alberto Jiménez Montroy
C.I.P. 19512
JEFE DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica Industrial

Anexo 82: Constancia de uso del equipo de cámara germinadora.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica
LABORATORIO DE PASTOS Y FORRAJES



CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE COORDINADOR DE LABORATORIOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS - UNA - PUNO

HACE CONSTAR:

Que, la Srta. **ESTHER NILDA NINA AYQUE**, de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Juliaca, ha Desarrollado el Proyecto de Tesis titulado:

“Capacidad Antioxidante, Contenido Proteico y Hierro en el Proceso de Germinado y Secado de la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)”

Haciendo uso del Equipo Cámara Germinadora ACHIEVA (germinado de cañihua) de la Universidad Nacional del Altiplano de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica.

PERIODO: del 12 de agosto al 25 de octubre 2019.

Se expide la presente constancia a solicitud expresa de la interesada, para los fines que convenga.

Puno, 06 de diciembre del 2019



Anexo 83: Panel fotográfico



Figura 41: Recepción de materia prima (cañihua Cupi y Ramis) e insumos.



Figura 42: Proceso de lavado de cañihua (Cupi y Ramis) en estudio.



Figura 43: Proceso de germinado.



Figura 44: Programación del equipo germinadora.



Figura 46: Programación de temperatura de 16°C y 21°C en germinado de cañihua Cupi y Ramis en estudio.



Figura 45: Colocación de muestras en las bandejas.



Figura 47: Germinado de cañihua (Cupi y Ramis) en estudio.

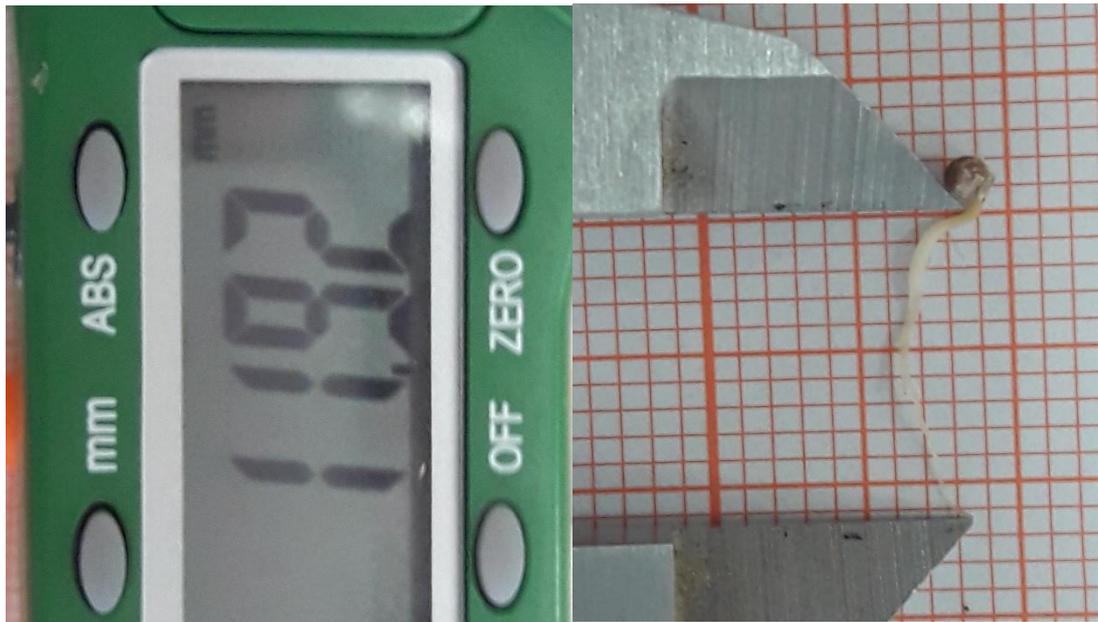


Figura 48: Vernier digital

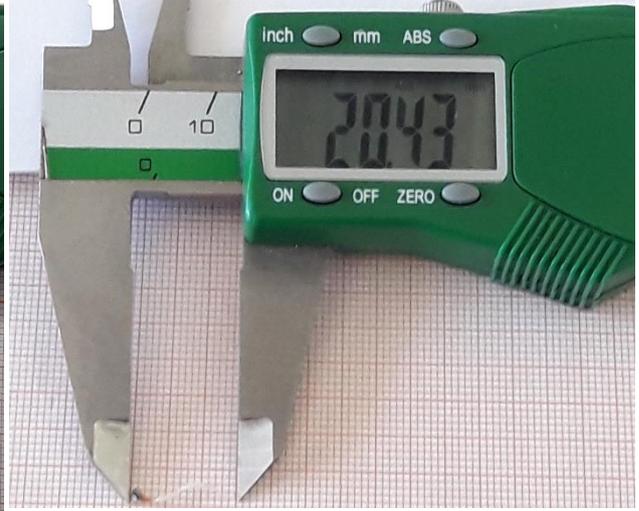
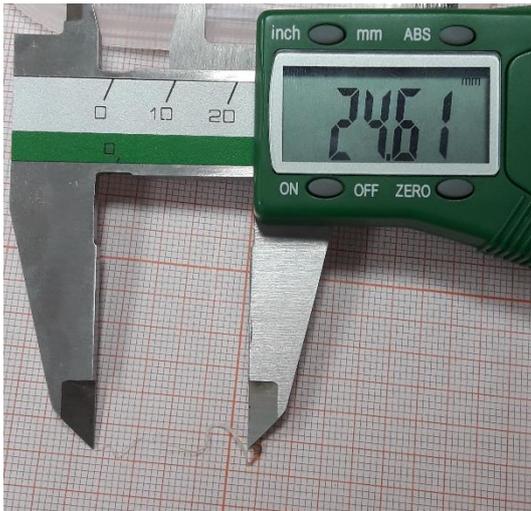


Figura 49: Longitud de radícula del germinado de cañihua (Cupi y Ramis) en estudio.



Figura 50: Determinación de humedad del germinado de cañihua (Cupi y Ramis) en estudio.

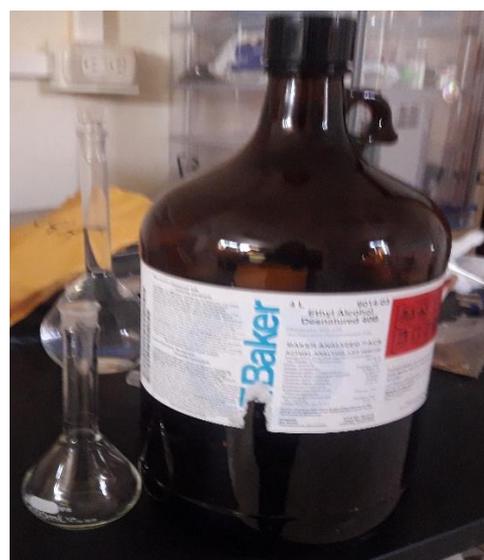
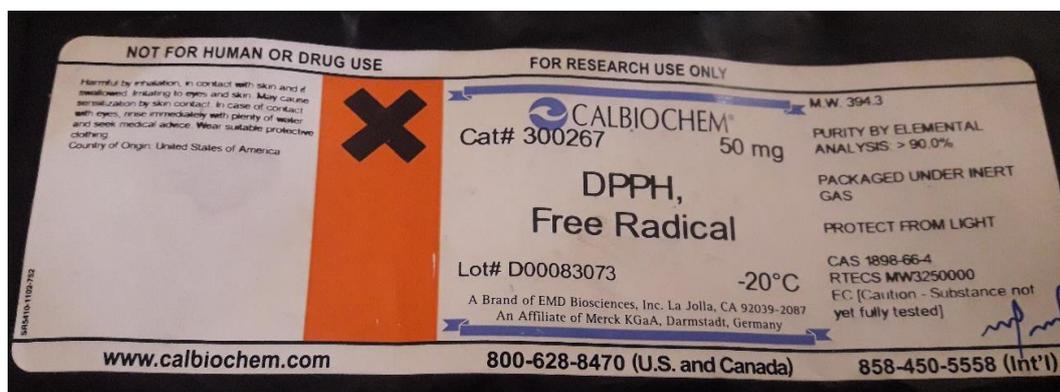


Figura 51: Reactivos de laboratorio para determinación de capacidad antioxidantes (DPPH).

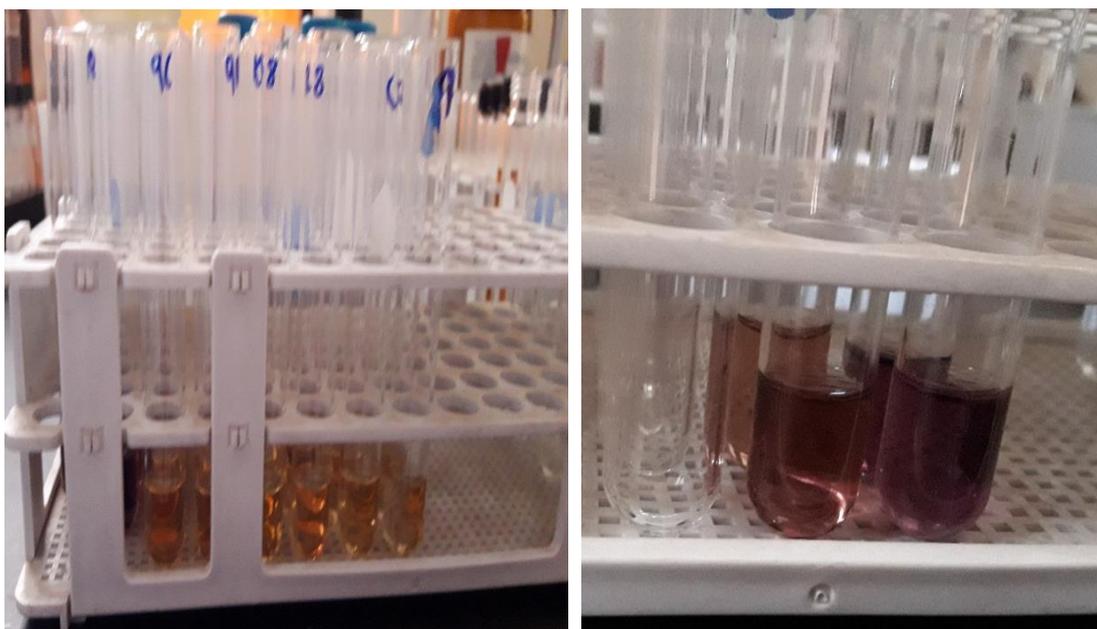


Figura 53: Análisis de antioxidantes de cañihua germinada.



Figura 54: Materiales y equipos de laboratorio.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

“Universidad Pública de Calidad”



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

"Universidad Pública de Calidad"