

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



**EVALUACION DE HORNO DE INCINERACION
CONVENCIONAL PARA LA DETERMINACION DE CENIZAS
EN CINCO VARIEDADES DE QUINUA**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. YANET ZAPANA TACCA

Bach. HERBERT CALLO CALLI

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO - PERU

2010

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

EVALUACION DE HORNO DE INCINERACION
CONVENCIONAL PARA LA DETERMINACION DE
CENIZAS EN CINCO VARIEDADES DE QUINUA

Tesis presentada por:

Bach. YANET ZAPANA TACCA
Bach. HERBERT CALLO CALLI

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

:


Ing. Edgar GALLEGOS ROJAS

PRIMER MIEMBRO

:


Ing. Wilber INCAHUANACO YUCRA


SEGUNDO MIEMBRO

:

Ing. Valerio Urbano.E. ROQUE ILLANES

DIRECTOR

:


Ing. M.Sc. Roger SEGURA PEÑA

ASESOR

:


Ing. M.Sc. Pablo VARI HUARCAYA

PUNO - PERU

2010

Área: Ingeniería y tecnología

Tema: Propiedades físicas y estructurales

DEDICATORIA

“A nuestro grandioso Dios”

Con todo mi cariño a quien me dió la vida, me guió y apoyó de forma decidida en mi formación profesional para lograr mi objetivo trazado a mi querida madre Teodocia.

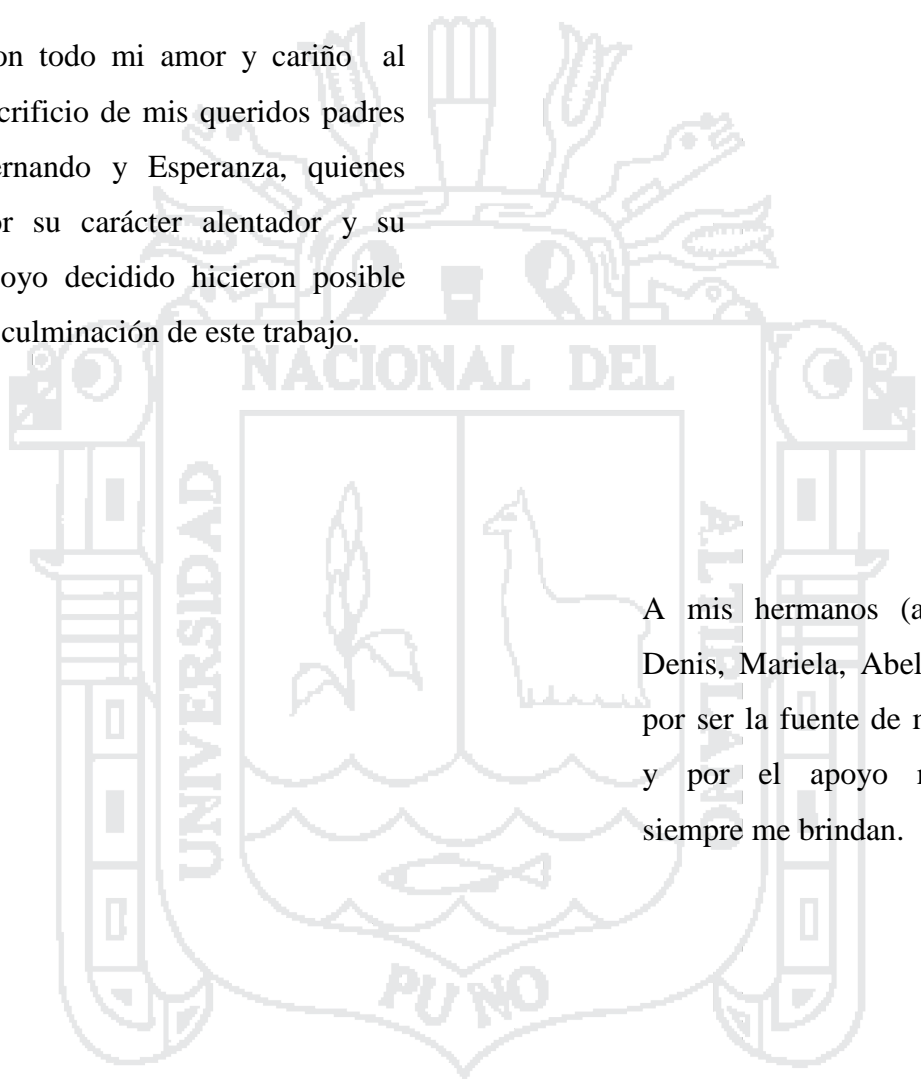
A mi Padre Agripino aunque no está a mi lado estoy seguro de que se sentirá feliz de ver mis metas realizadas.

A mis hermanos Eudes y Yovana por todos los momentos vividos y su constante apoyo y aliento.

YANET

DEDICATORIA

Con todo mi amor y cariño al sacrificio de mis queridos padres Fernando y Esperanza, quienes por su carácter alentador y su apoyo decidido hicieron posible la culminación de este trabajo.



A mis hermanos (as) Hubert, Denis, Mariela, Abel y Marieta por ser la fuente de mi esfuerzo y por el apoyo moral que siempre me brindan.

A toda mi familia en general y todas las personas quienes de alguna manera contribuyeron en la culminación de este trabajo.

HERBERT

AGRADECIMIENTOS

- A la universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial y su plana docente por la formación profesional.
- Al Ing. MSc. Pablo Pari Huarcaya, por su valioso apoyo y orientación incondicional durante la ejecución y culminación del presente trabajo.
- Al Ing. MSc. Roger Segura Peña, Director del trabajo de tesis, por sus consejos y orientaciones durante la ejecución del presente trabajo.
- Al Ing. MSc. Alejandro Coloma Paxi, por la orientación acertada durante la ejecución de la tesis.
- A los miembros del jurado por sus aportes realizados en el presente trabajo de investigación.
- Al Ing. Oswaldo, quien nos brindó las facilidades para realizar la presente investigación en el laboratorio de Evaluación Nutricional.
- A nuestros amigos y compañeros que nos dieron su apoyo moral e incondicional para la culminación de este trabajo.

INDICE GENERAL**Pág.****INDICE GENERAL****INDICE DE CUADROS****INDICE DE FIGURAS****INDICE DE ANEXOS****RESUMEN**

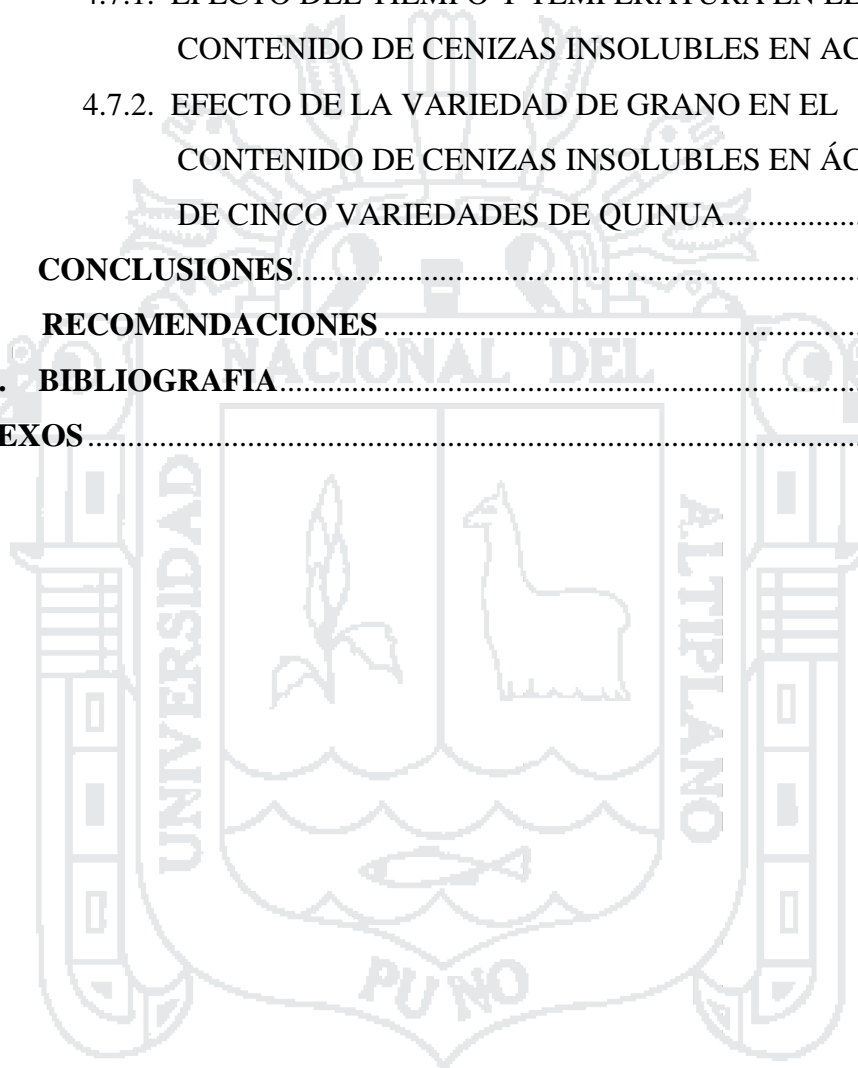
I. INTRODUCCION	1
II. MARCO TEORICO	3
2.1. HORNO.....	3
2.1.1. CLASIFICACIÓN DE HORNO	3
2.1.2. MÉTODOS DE CALENTAMIENTO EN HORNOS	4
2.1.3. MÉTODOS DE INCINERACIÓN	5
2.2. MUFLA.....	6
2.2.1. TIPOS DE MUFLAS	6
2.2.1.1. MUFLAS CONVENCIONALES	6
2.2.1.2. MUFLAS MICROONDAS.....	7
2.2.1.3. MUFLA TUBULAR.....	7
2.2.1.4. MUFLA DE ATMÓSFERA CONTROLADA.....	8
2.2.2. HORNO MUFLA INDUSTRIAL PEQUEÑO THERMOLYNE, TIPO FB1300, FB1400 Y FB1500	8
2.2.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS HORNOS MUFLA THERMOLYNE, TIPO FB1300, FB1400 Y FB1500.....	9
2.3. ASPECTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL HORNO DE INCINERACIÓN CONVENCIONAL.....	10
2.3.1. TRANSFERENCIA DE CALOR	10
2.3.1.1. TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN	10
2.3.1.2. TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN	12
2.3.1.3. TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN	13
2.3.2. EFICIENCIA DE CICLOS POR LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA	13

2.4.	QUINUA (<i>Chenopodium quinoa</i>).....	14
2.4.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL DEL GRANO DE QUINUA	15
2.4.2.	CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES DE QUINUA... 19	
2.4.2.1.	VARIEDAD PASANKALLA	19
2.4.2.2.	VARIEDAD ILLPA INIA	20
2.4.2.3.	VARIEDAD KANCOLLA	20
2.4.2.4.	VARIEDAD BLANCA DE JULI.....	22
2.4.2.5.	VARIEDAD SALCEDO INIA	22
2.4.3.	CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE LA SEMILLA DE ALGUNAS VARIEDADES DE QUINUA	23
2.5.	CENIZAS	24
2.5.1.	UTILIDAD DE LA DETERMINACIÓN DE CENIZAS Y MINERALES	25
2.5.2.	PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PARA LA DETERMINACIÓN DE CENIZAS.....	25
2.5.3.	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CENIZAS EN LOS ALIMENTOS	26
2.5.3.1.	DETERMINACIÓN DE CENIZAS EN SECO.....	26
2.5.3.2.	DETERMINACIÓN DE CENIZAS EN HÚMEDO	29
2.5.3.3.	DETERMINACIÓN DE CENIZAS POR BAJA TEMPERATURA Y PLASMA	30
2.5.4.	CENIZAS SOLUBLES EN AGUA	30
2.5.4.1.	DETERMINACIÓN DE CENIZAS SOLUBLES EN AGUA.....	30
2.5.5.	CENIZAS INSOLUBLES EN AGUA.....	31
2.5.6.	CENIZAS INSOLUBLES EN ÁCIDO.....	32
2.5.6.1.	DETERMINACIÓN DE CENIZAS INSOLUBLES EN ÁCIDO.....	32
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1.	LUGAR DE EJECUCION.....	34

3.2.	MATERIAL EXPERIMENTAL	34
3.3.	EQUIPOS MATERIALES Y REACTIVOS	34
3.3.1.	EQUIPOS	34
3.3.2.	MATERIALES DE LABORATORIO.....	34
3.3.3.	REACTIVOS.....	35
3.4.	METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	36
3.4.1.	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EXPERIMENTAL... 38	
3.4.1.1.	DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL HORNO MUFLA	38
3.4.1.2.	DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL HORNO.....	38
3.4.1.3.	DETERMINACIÓN DE CENIZAS TOTALES DE LAS CINCO VARIEDADES DE QUINUA	40
3.4.1.4.	DETERMINACIÓN DE CENIZAS SOLUBLES EN AGUA	41
3.4.1.5.	DETERMINACIÓN DE CENIZAS INSOLUBLES EN AGUA	42
3.4.1.6.	DETERMINACIÓN DE CENIZAS SOLUBLES EN ÁCIDO.....	43
3.4.1.7.	DETERMINACIÓN DE CENIZAS INSOLUBLES EN ÁCIDO.....	43
3.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	44
3.5.1.	MODELO MATEMÁTICO	45
3.5.2.	FACTORES DE ESTUDIO	45
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	47
4.1.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL HORNO MUFLA	47
4.1.1.	ASPECTOS DE SEGURIDAD DEL HORNO.....	48
4.2.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL HORNO MUFLA	50
4.2.1.	DE LA EVALUACIÓN DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN.....	52

4.2.2. DE LA EVALUACIÓN DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN	55
4.2.3. DE LA EVALUACIÓN EFICIENCIA DEL HORNO MUFLA... ..	59
4.3. DE LA DETERMINACION DE CENIZAS TOTALES DE CINCO VARIEDADES DE QUINUA.....	60
4.3.1. EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE INCINERACION EN LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CENIZAS TOTALES	60
4.3.2. EFECTO DE LA VARIEDAD DE GRANO EN EL CONTENIDO DE CENIZAS TOTALES DE CINCO VARIEDADES DE QUINUA.....	66
4.4. DE LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES EN AGUA.....	71
4.4.1. EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA EN EL CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES EN AGUA.....	71
4.4.2. EFECTO DE LA VARIEDAD DE GRANO EN EL CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES EN AGUA DE CINCO VARIEDADES DE QUINUA.....	76
4.5. DE LA DETERMINACION DE DEL CONTENIDO DE CENIZAS INSOLUBLES EN AGUA.....	80
4.5.1. EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA EN EL CONTENIDO DE CENIZAS INSOLUBLES EN AGUA	80
4.5.2. EFECTO DE LA VARIEDAD DE GRANO EN EL CONTENIDO DE CENIZAS INSOLUBLES EN AGUA DE CINCO VARIEDADES DE QUINUA.....	85
4.6. DE LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES EN ACIDO	89
4.6.1. EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA EN EL CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES EN ACIDO	89
4.6.2. EFECTO DE LA VARIEDAD DE GRANO EN EL CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES EN ÁCIDO	

DE CINCO VARIEDADES DE QUINUA.....	93
4.7. DE LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CENIZAS INSOLUBLES EN ACIDO.....	97
4.7.1. EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA EN EL CONTENIDO DE CENIZAS INSOLUBLES EN ACIDO	97
4.7.2. EFECTO DE LA VARIEDAD DE GRANO EN EL CONTENIDO DE CENIZAS INSOLUBLES EN ÁCIDO DE CINCO VARIEDADES DE QUINUA.....	102
V. CONCLUSIONES.....	106
VI. RECOMENDACIONES	107
VII. BIBLIOGRAFIA.....	108
ANEXOS.....	112



INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 01. Composición Química de la Quinua	15
Cuadro 02. Valor Nutricional de la Quinua	16
Cuadro 03. Comparativo de la Quinua con otros Productos.....	16
Cuadro 04. Valores Máximos y Mínimos de la Composición del Grano de Quinua según varios autores (g/100 g).....	17
Cuadro 05. Composición Química Proximal de la Quinua.....	17
Cuadro 06. Composición proximal de los cereales y granos andinos (g/100 g de materia seca).....	18
Cuadro 07. Composición del grano de quinua y otros granos (g/100g).....	18
Cuadro 08. Promedios de los Análisis Químicos de Algunas Variedades de Quinua en Base Seca (g/100g)	18
Cuadro 09. Contenido de Minerales en Quinua.....	19
Cuadro 10. Características Físico Químicas de la variedad Kancolla	21
Cuadro 11. Características de las Variedades de Quinua.....	23
Cuadro 12. Características de la Semilla de algunas Variedades de Quinua	23
Cuadro 13. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido de cenizas totales de cinco variedades de quinua	61
Cuadro 14. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido de cenizas totales de cinco variedades de quinua	63
Cuadro 15. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido de cenizas totales de cinco variedades de quinua	65
Cuadro 16. Efecto de la variedad de grano en el contenido de cenizas totales de cinco variedades de quinua	67
Cuadro 17: Análisis de Varianza (ANVA) para el Contenido de Cenizas Totales en Cinco Variedades de Quinua.....	69
Cuadro 18. Prueba de Comparaciones Múltiples de Duncan para los Bloques (variedades) sobre el Contenido de Cenizas Totales	69
Cuadro 19. Prueba de Comparaciones Múltiples de Duncan para las Temperaturas sobre el Contenido de Cenizas Totales	70
Cuadro 20. Prueba de Comparaciones Múltiples de Duncan para los	

Tiempos sobre el Contenido de Cenizas Totales	70
Cuadro 21. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido de cenizas solubles en agua de cinco variedades de quinua	72
Cuadro 22. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido de cenizas solubles en agua de cinco variedades de quinua	73
Cuadro 23. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido de cenizas solubles en agua de cinco variedades de quinua	75
Cuadro 24. Efecto de la variedad de grano en el contenido de cenizas solubles en agua de cinco variedades de quinua	77
Cuadro 25: Análisis de Varianza (ANVA) para el Contenido de Cenizas Solubles en Agua en Cinco Variedades de Quinua.....	78
Cuadro 26. Comparaciones Múltiples de Duncan para los Bloques (variedades) sobre el Contenido de Cenizas Solubles en Agua.....	79
Cuadro 27. Comparaciones Múltiples de Duncan para las Temperaturas sobre el Contenido de Cenizas Solubles en Agua.....	79
Cuadro 28. Comparaciones Múltiples de Duncan para los Tiempos sobre el Contenido de Cenizas Solubles en Agua.....	80
Cuadro 29. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido de cenizas Insolubles en agua de cinco variedades de quinua	81
Cuadro 30. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido de cenizas insolubles en agua de cinco variedades de quinua	82
Cuadro 31. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido de cenizas insolubles en agua de cinco variedades de quinua	84
Cuadro 32. Efecto de la variedad de grano en el contenido de cenizas insolubles en agua de cinco variedades de quinua	85
Cuadro 33: Análisis de Varianza (ANVA) para el Contenido de Cenizas Insolubles en Agua en Cinco Variedades de Quinua	87
Cuadro 34. Comparaciones Múltiples de Duncan para los Bloques (variedades) sobre el Contenido de Cenizas Insolubles en Agua	87
Cuadro 35. Comparaciones Múltiples de Duncan para las Temperaturas	

sobre el Contenido de Cenizas Insolubles en Agua	88
Cuadro 36. Comparaciones Múltiples de Duncan para los Tiempos sobre el Contenido de Cenizas Insolubles en Agua	88
Cuadro 37. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido de cenizas solubles en ácido de cinco variedades de quinua	89
Cuadro 38. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido de cenizas solubles en ácido de cinco variedades de quinua	91
Cuadro 39. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido de cenizas solubles en ácido de cinco variedades de quinua	92
Cuadro 40. Efecto de la Variedad de Grano en el contenido de cenizas solubles en ácido de cinco variedades de quinua	94
Cuadro 41: Análisis de Varianza (ANVA) para el Contenido de Cenizas Solubles en Acido en Cinco Variedades de Quinua	95
Cuadro 42. Comparaciones Múltiples de Duncan para los Bloques (variedades) sobre el Contenido de Cenizas Solubles en Acido.....	96
Cuadro 43. Prueba de Comparaciones Múltiples de Duncan para las Temperaturas sobre el Contenido de Cenizas Solubles en Acido.....	96
Cuadro 44. Prueba de Comparaciones Múltiples de Duncan para los Tiempos sobre el Contenido de Cenizas Solubles en Acido.....	97
Cuadro 45. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido de cenizas insolubles en ácido de cinco variedades de quinua	98
Cuadro 46. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido de cenizas insolubles en ácido de cinco variedades de quinua	99
Cuadro 47. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido de cenizas insolubles en ácido de cinco variedades de quinua	101
Cuadro 48. Efecto de la variedad de grano en el contenido de cenizas insolubles en ácido de cinco variedades de quinua	102
Cuadro 49: Análisis de Varianza (ANVA) para el Contenido de Cenizas Insolubles en Acido en Cinco Variedades de Quinua	104
Cuadro 50. Comparaciones Múltiples de Duncan para los Bloques (variedades) sobre el Contenido de Cenizas Insolubles en Acido	104

Cuadro 51. Comparaciones Múltiples de Duncan para las Temperaturas sobre el Contenido de Cenizas Insolubles en Acido	105
Cuadro 52. Comparaciones Múltiples de Duncan para los Tiempos sobre el Contenido de Cenizas Insolubles en Acido	105



INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01. Metodología Experimental para la Evaluación del Horno Mufla y la Determinación de Cenizas en Cinco Variedades de Quinua.....	37
Figura 02. Control de Puntos de Ajuste del horno mufla	51
Figura 03. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido de cenizas totales de cinco variedades de quinua.....	62
Figura 04. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido de cenizas totales de cinco variedades de quinua.....	64
Figura 05. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido de cenizas totales de cinco variedades de quinua.....	66
Figura 06. Efecto de la variedad de grano en el contenido de cenizas totales de cinco variedades de quinua	68
Figura 07. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido de cenizas solubles en agua de cinco variedades de quinua.....	72
Figura 08. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido de cenizas solubles en agua de cinco variedades de quinua.....	74
Figura 09. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido de cenizas solubles en agua de cinco variedades de quinua.....	76
Figura 10. Efecto de la variedad de grano en el contenido de cenizas solubles en agua de cinco variedades de quinua	77
Figura 11. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido de cenizas Insolubles en agua de cinco variedades de quinua	82
Figura 12. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido de cenizas Insolubles en agua de cinco variedades de quinua	83
Figura 13. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido de cenizas insolubles en agua de cinco variedades de quinua	84
Figura 14. Efecto de la variedad de grano en el contenido de cenizas Insolubles en agua de cinco variedades de quinua	86
Figura 15. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido	

de cenizas solubles en ácido de cinco variedades de quinua	90
Figura 16. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido	
de cenizas solubles en ácido de cinco variedades de quinua	91
Figura 17. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido	
de cenizas solubles en ácido de cinco variedades de quinua	93
Figura 18. Efecto de la variedad de grano en el contenido	
de cenizas solubles en ácido de cinco variedades de quinua	94
Figura 19. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido	
de cenizas Insolubles en ácido de cinco variedades de quinua	98
Figura 20. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido	
de cenizas insolubles en ácido de cinco variedades de quinua	100
Figura 21. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido	
de cenizas insolubles en ácido de cinco variedades de quinua	101
Figura 22. Efecto de la variedad de grano en el contenido	
de cenizas Insolubles en ácido de cinco variedades de quinua	103

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: HORNO MUFLA MODELO FB1410-M	113
ANEXO 2: COMPONENTES DEL HORNO MUFLA MODELO FB1410-M.....	113
ANEXO 3: CÁLCULO DE LA DILUCIÓN DEL ÁCIDO CLORHÍDRICO (HCl) AL 10% DE CONCENTRACIÓN PARA LA DETERMINACION DE CENIZAS SOLUBLES E INSOLUBLES EN ÁCIDO	116
ANEXO 4: CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS CINCO VARIETADES DE QUINUA	117
ANEXO 5: CONTENIDO DE CENIZAS TOTALES EN CADA PARÁMETRO	117
ANEXO 6: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE CENIZAS TOTALES DE LAS CINCO VARIETADES DE QUINUA (%).....	119
ANEXO 7: CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES E INSOLUBLES EN AGUA DE LAS CINCO VARIETADES DE QUINUA.....	120
ANEXO 8: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES EN AGUA DE LAS CINCO VARIETADES DE QUINUA (%).....	122
ANEXO 9: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE CENIZAS INSOLUBLES EN AGUA DE LAS CINCO VARIETADES DE QUINUA (%).....	122
ANEXO 10: CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES E INSOLUBLES EN ACIDO	123
ANEXO 11: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES EN ACIDO DE LAS CINCO VARIETADES DE QUINUA (%).....	125
ANEXO 12: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE CENIZAS INSOLUBLES EN ACIDO DE LAS CINCO VARIETADES DE QUINUA (%).....	125
ANEXO 13: TABLAS UTILIZADAS	126
ANEXO 14: PROCESO DE DETERMINACIÓN DE CENIZAS.....	127

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivos describir las características generales y características técnicas de funcionamiento del horno mufla para la determinación de cenizas en cinco variedades de quinua, determinar el efecto de la temperatura y tiempo, así como también el efecto de la variedad de grano de quinua sobre el contenido de cenizas totales, cenizas solubles e insolubles en agua y cenizas solubles e insolubles en ácido. El trabajo se realizó en el laboratorio de Nutrición de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA-Puno. Las características generales y características técnicas de funcionamiento del horno mufla se evaluaron mediante metodologías descriptivas haciendo uso de fichas técnicas y considerando aspectos tales como; mecanismos de transferencia de calor y eficiencia térmica. Para evaluar la influencia de los factores sobre el contenido de cenizas totales, cenizas solubles e insolubles en agua y en ácido, los niveles estudiados para cada uno de los factores fueron: temperatura (500, 550 y 600°C); tiempo (2, 3 y 4hr) y variedad de grano (Pasankalla, Illpa INIA, Kancolla, Blanca de Juli y Salcedo INIA). Para definir los parámetros óptimos se utilizó el análisis estadístico de diseño bloque completo al azar (DBCA), con arreglo factorial de 3x3 con 5 bloques. Los resultados obtenidos revelan que el contenido de cenizas totales, cenizas solubles e insolubles en agua y en ácido son influenciados significativamente por los niveles de temperatura y tiempo es decir que a medida que aumenta la temperatura y tiempo de incineración el contenido de cenizas totales, cenizas solubles e insolubles en agua y cenizas solubles e insolubles en ácido disminuyen, de igual manera influye significativamente la variedad de grano de quinua. Los mejores resultados se obtuvieron a temperatura de 600°C y tiempo de 4hr, en el contenido de cenizas totales presentó el valor más alto la variedad Pasankalla (2,9460%) y el valor más bajo la variedad Salcedo INIA (2,4553%). Por otro lado el contenido de cenizas solubles en agua es mayor al contenido de cenizas insolubles en agua presentándose la variedad Pasankalla como la mas soluble y la variedad Salcedo INIA como la menos soluble, asimismo el contenido de cenizas solubles en ácido es mayor al contenido de cenizas insolubles en ácido presentándose la variedad Illpa INIA como la mas insoluble en ácido y la variedad Salcedo INIA como la menos insoluble en ácido.

I. INTRODUCCION

Los análisis a nivel de laboratorio requieren para su desarrollo el equipamiento adecuado así como también de una buena implementación con equipos que ofrezcan precisión y exactitud en los resultados analizados, los equipos que no presenten las características que se requieren son considerados obsoletos, es por esta razón que surge la necesidad de ser reemplazadas por equipos garantizados.

Muchos de los alimentos demandados por el hombre requieren para su consumo pasar por un proceso de análisis proximal (cenizas totales) y control de calidad, es donde toma interés el conocimiento de las características de funcionamiento de un horno de incineración convencional así como los tiempos y temperaturas a las cuales deben lograrse la determinación de cenizas con mayor efectividad posible.

El valor principal de la determinación de cenizas (también de las cenizas solubles en agua y las cenizas insolubles en ácido) facilitará en parte su identificación y nos servirá para determinar la calidad de ciertos alimentos.

Algunos alimentos llevan adheridas impurezas (arena, tierra). Estas impurezas provienen de alimentos que crecen cerca del suelo, por esta razón es que se requiere de una investigación para la determinación de las cenizas insolubles en ácido. Asimismo existen alimentos las cuales sufren alteraciones en su composición original por diversos procedimientos.

Por otro lado la quinua es un producto que tiene un alto valor nutritivo, tanto por su composición química, como por la cantidad y calidad de sus proteínas, es así que sería de mucha utilidad para la Agroindustria de la quinua, encontrar y desarrollar la investigación por lo menos cinco variedades de quinua para la determinación de cenizas totales, cenizas solubles e insolubles en agua y cenizas solubles e insolubles en ácido para lograr un producto de calidad y de mayor aceptabilidad.

Por estas razones en el presente trabajo de investigación se planteó los siguientes objetivos:

- Describir las características generales de un horno mufla de incineración convencional para la determinación de cenizas en cinco variedades de quinua.
- Describir las características técnicas de funcionamiento del horno de incineración convencional para la determinación de cenizas en cinco variedades de quinua.
- Determinar el tiempo y temperatura de incineración para la determinación de cenizas totales, cenizas solubles e insolubles en agua y cenizas solubles e insolubles en ácido.
- Determinar el efecto de la variedad de grano de quinua en el contenido de cenizas totales, cenizas solubles e insolubles en agua y cenizas solubles e insolubles en ácido.

II. MARCO TEORICO

2.1. HORNO

Un horno es un dispositivo en el que se libera calor y se transmite directa o indirectamente a una masa sólida o fluida con el fin de producir en ella una transformación física o química en un producto (I. E. T., 2007).

Las partes constitutivas de un horno son (I. E. T., 2007):

- Elemento generador
- Sistema de alimentación de material
- Cámara principal
- Aislantes térmicos
- Sistemas de medición y control
- Ruedas de suministro de combustible o cableado de potencia (según el tipo de combustible)
- Ventiladores y sistema de evacuación de gases (hornos con combustión)
- Redes eléctricas
- Recubrimiento externo

2.1.1. CLASIFICACIÓN DE HORNO

Los hornos se clasifican de la siguiente manera (I. E. T., 2007):

- a) De acuerdo con su temperatura de trabajo
 - Hornos: temperaturas de trabajo superiores a 550°C
 - Estufas: temperaturas de trabajo inferiores a 550°C
- b) De acuerdo con su uso:
 - Hornos de cemento
 - Hornos de cal

- Hornos de coque
 - Hornos cerámicos
 - Hornos incineradores
 - Alto horno, etc.
- c) De acuerdo con su forma de operación
- Continuos
 - Discontinuos
 - Periódicos
- d) De acuerdo con su forma de calentar
- Directos
 - Indirectos
- e) De acuerdo con su geometría o disposición
- Verticales
 - Horizontales
 - De deposito
 - De cámara etc.
- f) De acuerdo con su fuente de energía
- Combustible: sólidos, líquidos o gaseosos y mixtos.
 - Energía eléctrica
 - Mixtas

2.1.2. MÉTODOS DE CALENTAMIENTO EN HORNOS

Dentro de estos métodos se encuentran los siguientes (Callen, 1985):

- Directo: la llama y los gases entran en contacto con la carga.
- Indirecto: solo los gases entran en contacto con la carga.

- Muflas: se calienta una recámara que tiene en su interior la carga por lo que los gases nunca tocan la carga. Especial para cargas que reaccionan o se contaminan con los gases de combustión.
- Tubos de radiantes: Este sistema gasta más combustible para obtener el mismo calentamiento. La llama se encausa por un tubo que alcanza una alta temperatura.
- Recirculación: La combustión se realiza en una cámara aparte del horno.
- A gran velocidad: Una gran cantidad de quemadores rodea la carga produciendo llamas directas sobre ella con el fin de alcanzar un alto gradiente de temperaturas entre la carga y sus alrededores

Por otro lado los hornos que tienen energía eléctrica como fuente de calentamiento, se clasifican en:

- Directo
- Indirecto

2.1.3. MÉTODOS DE INCINERACIÓN

La eliminación de la materia orgánica puede realizarse de diferentes formas, las más conocidas son (Nielsen, 1994):

- Incineración de la muestra mediante el uso de un mechero, aunque puede efectuarse ésta empleando una parrilla eléctrica, la incineración en esta ocasión es parcial, ya que no se alcanza a quemar toda la materia orgánica, esta forma de incineración es utilizada normalmente como pre-tratamiento de la muestra.
- Empleando un sistema cerrado como la mufla; con este equipo se alcanzan temperaturas superiores a los 800°C, lo cual permite asegurar la incineración total de la materia orgánica, las temperaturas normalmente empleadas son entre 500-600°C, esta forma de incineración es la más común.

- Otra forma de eliminación de la materia orgánica es mediante la combustión de ésta empleando ácidos fuertes como el sulfúrico, nítrico y perclórico, en ocasiones este método se emplea para la determinación de minerales específicos, como el fósforo, que posee la característica que si se incinera la muestra en la mufla, éste puede transformarse en su sal, y es difícil la separación posterior.
- En otras ocasiones se hace pre-quema de la muestra con los ácidos y después se incinera; como protección de la misma, se debe evitar que haya volatilización o transformación de compuestos inorgánicos, y en otras ocasiones se mezclan las cenizas con ácido para asegurar la eliminación del total de la materia orgánica ó bien la separación de algún mineral en particular y poder después precipitarlo.

2.2. MUFLA

Es una cámara cerrada construida con material refractario, su construcción es relativamente sencilla. Se denomina mufla a la parte refractaria de un horno en el cual se disponen los productos que deben tratarse para protegerlos de la acción directa del fuego o de la acción oxidante del aire (Astigarraga, 1996).

2.2.1. TIPOS DE MUFLAS

2.2.1.1. MUFLAS CONVENCIONALES

Las muflas son utilizadas en laboratorios para realizar pruebas de calcinamiento de muestras, tratamientos de calor, procedimientos de calcificación, pruebas de ignición, etc. Se disponen de una de variedad de modelos que se adaptan a estos requerimientos de calcinación, muflas desde 1.3 Lt a 254 Lt de capacidad, digitales o programables, de cámara tipo rectangular, oval o de tubo, con temperaturas de 100°C a 1700°C en un

amplio rango. Alimentación disponible de 120V, 208V o 240V, 50/60Hz (Cienytec Ltda., 2008).

2.2.1.2. MUFLAS MICROONDAS

Utilizan crisoles de fibra de cuarzo, el tiempo de proceso se reduce drásticamente, sin embargo su capacidad es escasa. Recientemente se han desarrollado equipos para calcinación en seco basados en calentamiento con microondas. Este horno consta de un programa de calentamiento; humedad (baja temperatura) y después cenizas (temperaturas relativamente altas) la ventaja es que se reduce el tiempo (menos de una hora), pero de uso solo para una muestra a la vez (Química Quirúrgica, 2001).

2.2.1.3. MUFLA TUBULAR

La mufla tubular presenta las siguientes características (Cienytec, 2008):

- Cuando se requiere hacer pruebas a muestras tubulares esta es la mufla indicada.
- Dos tamaños de disponibles: de 30 y 60 cm de largo.
- Controlador independiente incluido que permite trabajar la mufla en forma vertical, horizontal y/o remota con un soporte opcional.
- Rango de temperatura de 100 a 1200°C (alcanzables en solo 20 minutos).
- Diámetro del tubo de 2.5 a 7.6 cm.
- Tres tipos de controladores disponibles: de 1 temperatura reseteable, programable de 2 puntos y multiprogramable de hasta 4 programas.
- Protección para apertura de puerta de los elementos calentadores, y de temperatura elevada.

2.2.1.4. MUFLA DE ATMÓSFERA CONTROLADA

La mufla de atmósfera controlada presenta las siguientes características (Cienytec, 2008):

- Utilizada para procedimientos en carbón y cenizas
- Dos tamaños disponibles de 45 litros y de 14 litros. Las muflas de 15 litros incluyen dos bandejas para acomodar 24 crisoles de 30 ml, o 38 crisoles de 10 ml de cuarzo.
- No incluye cable de alimentación. Se debe hacer conexión fija en el sitio.
- Cumple las normas ASTM D3174.
- Válvula de gas de volumen ajustable de 0 a 80 Lt/min.
- Temperatura de 100°C a 975°C.

2.2.2. HORNO MUFLA INDUSTRIAL PEQUEÑO THERMOLYNE, TIPO FB1300, FB1400 Y FB1500

Son hornos compactos de mesa de trabajo, para servicio pesado, poseen elementos calefactores empotrados en cuatro costados, los cuales proporcionan calentamiento rápido con gradiente mínimo. El aislamiento de fibra de cerámica rodea la cámara, reduciendo la pérdida de calor. La puerta contrapeso abate hacia arriba y afuera, manteniendo el lado caliente alejado del usuario. La puerta está rodeada de aislamiento de tabique refractario durable y contiene un interruptor de seguridad que desactiva los elementos calefactores cuando la puerta está abierta (Cienytec Ltda., 2008).

Hay dos tipos de controladores disponibles: uno que proporciona control automático con valor de referencia único y un modelo programable que posee cuatro ajustes: dos rampas para variar el consumo calorífico y dos ciclos de detención para mantener la temperatura a niveles establecidos desde 0.1 hasta 999.9 minutos. La característica de retención, detiene el programa hasta que la temperatura del horno se eleva o disminuye hasta los parámetros

preprogramados. El programa jamás se adelanta a la operación del horno (Cienytec Ltda., 2008).

Todos los modelos poseen pantallas con diodos emisores de luz que muestran simultáneamente la temperatura de referencia y la temperatura real del horno, protección contra temperaturas elevadas a una temperatura seleccionable por el usuario; protección de termopar abierto y potencia ajustable desde 1 hasta 100 % (Cienytec Ltda., 2008).

2.2.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS HORNOS MUFLA THERMOLYNE, TIPO FB1300, FB1400 Y FB1500

Los hornos mufla industriales pequeños THERMOLYNE, tipo F1300, F1400 y F1500 tienen las siguientes características (Cienytec, 2008):

- Los tamaños pequeños son de capacidades 1.3 L, 2.1 L y 2.2 L.
- Cámara en fibra de cerámica. Resistencias en el techo y laterales para optimizar la temperatura.
- Puerta de apertura horizontal para facilitar el cargue y descargue de muestras.
- Un interruptor de seguridad instalado en la puerta suspende la energía a los elementos calentadores cuando la puerta está abierta.
- Control de temperatura manual.
- Lectura en pantalla digital de lectura actual y prefijada.
- Volumen de la cámara: 1.3 L(Modelo F1300) y de 2.1 L(Modelo F1400).
- Rango de Temperatura: 100-1100°C para 120 Voltios 50/60 Hz 1050 Vatios.
- Puerto en la parte superior de 0.95 cm de diámetro para monitorear la temperatura de forma independiente si se desea.

2.3. ASPECTOS PARA LA EVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL HORNO DE INCINERACIÓN CONVENCIONAL

2.3.1. TRANSFERENCIA DE CALOR

La ciencia de la transferencia de calor está relacionada con la razón de intercambio de calor entre cuerpos calientes y fríos llamados también fuente y receptor. Entonces siempre que exista una gradiente de temperatura en un sistema o al poner en contacto dos sistemas que se encuentran a diferentes temperaturas se transfiere energía (Díaz, 1994).

El proceso por el cual tiene lugar el transporte de energía se conoce como transferencia de calor, y la energía en tránsito se denomina calor, que no puede ser medido ni observado directamente pero sus efectos sí son susceptibles a ser medidos y observados (Díaz, 1994).

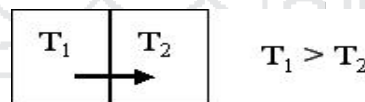
La transferencia de calor puede verificarse por medio de uno o más de los tres mecanismos de transferencia de calor: conducción, convección o radiación (Geankoplis, 1998).

2.3.1.1. TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN

La conducción es el mecanismo de transferencia de calor en escala atómica a través de la materia por actividad molecular, por el choque de unas moléculas con otras, donde las partículas más energéticas le entregan energía a las menos energéticas, produciéndose un flujo de calor desde las temperaturas más altas a las más bajas. Los mejores conductores de calor son los metales. El aire es un mal conductor del calor. Los objetos malos conductores como el aire o plásticos se llaman aislantes (Díaz, 1994).

Otra teoría sobre el mecanismo de la conducción establece que la conducción tiene lugar a escala molecular debido al desplazamiento de los electrones. Es habitual la existencia de electrones libres en los metales y son éstos los responsables del transporte de las energías térmica y eléctrica. Por ello los buenos conductores de la electricidad lo son también de la energía térmica (por ej., el cobre y la plata). Hay que insistir en que en la transferencia de calor por conducción no hay movimiento de materia. La conducción es el método más habitual de transmisión de calor en procesos de calentamiento/enfriamiento de materiales (Singh y Heldman, 1993).

La conducción de calor sólo ocurre si hay diferencias de temperatura entre dos partes del medio conductor. Para un volumen de espesor x , con área de sección transversal A y cuyas caras opuestas se encuentran a diferentes temperaturas T_1 y T_2 , con $T_1 > T_2$, se encuentra que el calor Q transferido en un tiempo t fluye del extremo caliente al frío. Si se llama H (en Watts) al calor transferido por unidad de tiempo, la rapidez de transferencia de calor $H = Q/t$, está dada por la ley de la conducción de calor de Fourier (Toledo, 1991).



Ley de Fourier:

$$q_x = -k A \frac{dT}{dx} \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

q_x = Flujo de calor por conducción en la dirección x (W)

k = Conductividad térmica del material (W/m.K)

A = Área a través de la que fluye el calor (m^2)

T = Temperatura (K)

x = Distancia (m)

2.3.1.2. TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN

Cuando un fluido circula alrededor de un sólido, por ejemplo por el interior de una tubería, existiendo una diferencia de temperatura entre ambos tiene lugar un intercambio de calor entre ellos. Esta transmisión de calor se debe al mecanismo de convección. El calentamiento y enfriamiento de gases y líquidos son los ejemplos más habituales de transmisión de calor por convección. Dependiendo de si el flujo de fluido es provocado artificialmente o no, se distinguen dos tipos de transmisión de calor por convección: forzada y libre (también llamada natural). La convección forzada implica el uso de algún medio mecánico, como una bomba o un ventilador, para provocar el movimiento del fluido. Por el contrario, la convección natural tiene lugar a causa de diferencias de densidad provocadas a su vez por gradientes de temperatura. Ambos mecanismos pueden provocar un movimiento laminar o turbulento del fluido (Singh y Heldman, 1993).

En la transferencia de calor por convección, las moléculas se mueven de un punto a otro e intercambian energía con las moléculas que estaban en el otro punto, cuando hay convección ocurre un movimiento masivo de moléculas. El calor por convección se mide como la tasa de intercambio de calor en la interfaz entre un fluido y un sólido (Toledo, 1991).

$$q = h A (T_w - T_b) \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

q = Rapidez de calor transferido por convección (W)

A = Área de transferencia de calor (m^2)

T_w = Temperatura general o media del fluido (K)

T_b = Temperatura de la pared en contacto con el fluido (K)

h = Coeficiente convectivo ($Watt/m^2.K$)

2.3.1.3. TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN

La transmisión de calor por radiación tiene lugar entre las superficies mediante la emisión y posterior absorción de radiación electromagnética. A diferencia de la conducción y la convección, la radiación no requiere ningún medio para su propagación y puede tener lugar incluso en el vacío (Singh y Heldman, 1993).

La energía irradiada (o emitida) por una superficie es proporcional a su temperatura absoluta elevada a la cuarta potencia y depende de las características de la superficie (Singh y Heldman, 1993).

$$\frac{q}{A} = \sigma \varepsilon T_A^4 \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

q = Flujo de calor emitido por radiación (W)

A = Area (m²)

σ = Constante de Stefan-Boltzmann (5.669 x 10⁻⁸W/m².K⁴)

ε = Emisividad

T_A = Temperatura (K)

2.3.2. EFICIENCIA DE CICLOS POR LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA

Se define la eficiencia térmica así como el coeficiente de funcionamiento como una medida del desempeño de los dispositivos. Ya que estos son definidos con base en la primera ley se conocen como eficiencias por primera ley de la termodinámica. Sin embargo esta eficiencia no hace referencia al máximo desempeño posible (Abbott y Vanness, 1991).

$$\eta_{\text{térmica}} = \frac{\text{Trabajo neto de salida}}{\text{Calor de Entrada}} \quad \text{Ec. (4)}$$

2.4. QUINUA (*Chenopodium quinoa*)

La quinua es una planta herbácea anual, de amplia dispersión geográfica, presenta características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se cultiva, fue utilizada como alimento desde tiempos inmemoriales, se calcula que su domesticación ocurrió hace más de 7000 años a.c., presenta enorme variación y plasticidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales, se cultiva desde el nivel del mar hasta los 4000 m.s.n.m., desde zonas áridas hasta zonas húmedas y tropicales, desde zonas frías hasta templadas y cálidas; muy tolerante a los factores abióticos adversos como son sequía, helada, salinidad de suelos y otros que afectan a las plantas cultivadas (FAO, 2001).

La quinua es un grano oriundo del altiplano Peruano que se caracteriza por tener un valor nutritivo alto. Su utilización a gran escala se ve limitado debido a que en las cubiertas externas del grano posee ciertos compuestos orgánicos (saponinas u otros) que le confieren un sabor amargo haciendo que la quinua sea desagradable y poco aceptable para los consumidores (Arca, 1996).

La **quinua** tiene un excepcional valor nutritivo, con proteínas de alto valor biológico y excelente balance de aminoácidos esenciales, ubicados en el endosperma o núcleo del grano, a diferencia de otros cereales que los tienen en el exosperma cáscara, como el arroz o trigo (FAO, 2001).

Tiene gran potencial económico y alta demanda en diferentes mercados del mundo como Japón, USA y Reino Unido, donde ya ha sido introducida con éxito. Las semillas de la quinua se utilizan en la preparación de sopas, también se les consume en forma graneada con sal o azúcar, cocidas en torrijas con ají o queso, y como bebida refrescante (Mujica, *et al*, 2006).

Por otro lado se pudo identificar las principales variedades comerciales de quinua que vienen utilizando los productores en las zonas agroecológicas potenciales, las mismas que son de mayor aceptación en el mercado, siendo las siguientes: Salcedo-INIA, Illpa-INIA, Blanca de Juli, Kancolla, Cheweca, Tahuaco y Pasankalla (Mujica, *et al*, 2006).

2.4.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL DEL GRANO DE QUINUA

La quinua tiene especial significado ya que aporta un porcentaje bastante significativo de proteína y calcio. La quinua contiene: 11.2%, 11.9% a 14.03% y 10.85% a 10.25% de proteínas. A su vez se sabe que el valor nutritivo de un alimento esta dado por el porcentaje de proteínas y por la utilidad que presta al organismo, en especial a la síntesis de tejidos nuevos. La proteína de la quinua tiene la característica de ser de alto valor biológico, el cual resulta de su equilibrio en el contenido de aminoácidos, además su contenido de lisina y metionina es adecuado y esto cobra particular interés cuando su consumo es combinado de un bajo contenido de aminoácidos azufrados como frijol, haba, arbejas (Lescano, 1994).

En el Cuadro 01 se muestra la composición química de diversas variedades de quinua.

Cuadro 01. Composición Química de la Quinua

Alimento (variedad)	Componentes						
	Energía (Kcal)	Agua (gr)	Proteína (gr)	Grasa (gr)	Carboh. (gr)	Fibra (gr)	Cenizas (%)
Blanca (Puno). (1)	376	10.10	11.50	8.20	61.60	5.10	3.50
Rosada (Puno). (1)	368	10.20	12.50	6.40	64.50	3.10	3.30
Dulce Blanca (Puno).(1)	360	11.20	11.60	5.30	62.10	6.80	3.00
Amarilla .(2)	-	b.s.	14.20	6.80	71.30	4.80	2.80
Blanca. (2)	-	b.s.	14.40	6.50	70.30	4.90	3.80
Sajama. (2)	-	b.s.	13.10	6.20	73.60	3.40	2.70

Fuente: ¹Collazos (1996), ²Tellería, mencionado por Tapia, M. et al (1979).

La **quinua** ofrece la mayor cantidad de aminoácidos esenciales que cualquiera de los más importantes cereales del mundo, destacando la lisina que es uno de los más escasos en los alimentos de origen vegetal y que está presente en el cerebro humano .En el Cuadro 02 se muestra el valor nutricional de la quinua (Kent, 1983).

Cuadro 02. Valor Nutricional de la Quinua

ELEMENTO	%
Humedad	12.6
Proteínas	13.8 -16
Extracto etéreo	5.1
Carbohidratos	59.7
Cenizas	3.3
Lisina	0.88
Metionina	0.42
Triptofano	0.12
Grasas	4 – 9

Fuente: Kent (1983)

La quinua es considerada por la FAO y la OMS como un alimento único por su altísimo valor nutricional, es un alimento libre de gluten que mantiene sus cualidades nutritivas en procesos industriales, y es capaz de sustituir a las proteínas de origen animal (CCBOLgroup, 2006).

En el Cuadro 03 se presenta una comparación de los componentes de la quinua en relación a los principales cereales comerciales.

Cuadro 03. Comparativo de la Quinua con otros Productos

Componentes%	Quinua	Trigo	Maiz	Arroz	Avena
Proteínas	13.00	11.43	12.28	10.25	12.30
Grasas	6.70	2.08	4.30	0.16	5.60
Fibras	3.45	3.65	1.68	Vegetal	8.70
Cenizas	3.06	1.46	1.49	0.60	2.60
Calcio	0.12	0.05	0.01	-	-
Fósforo	0.36	0.42	0.30	0.10	-
Carbohidratos	71.00	71.00	70.00	78.00	60.00

Fuente: FAO (2001)

La quinua es uno de los pocos alimentos de origen vegetal que es nutricionalmente completo, es decir que presenta un adecuado balance de proteínas, carbohidratos y minerales, necesarios para la vida humana. En el Cuadro 04 se muestra la composición proximal del grano de quinua dentro de un amplio rango de variabilidad (Junge, 1995).

Cuadro 04. Valores Máximos y Mínimos de la Composición del Grano de Quinua según varios autores (g/100 g).

Componentes	Mínimo	Máximo
Proteínas	11.0	21.3
Grasas	5.3	8.4
Carbohidratos	53.5	74.3
Fibra	2.1	4.9
Ceniza	3.0	3.6
Humedad (%)	9.4	13.4

Fuente: Junge (1995)

La variación en la composición química de los granos de quinua depende de su variedad genética, la edad de maduración de la planta, la localización del cultivo y la fertilidad del suelo (Repo – Carrasco, 1992).

La quinua es un grano pequeño con un embrión bastante desarrollado (25% del grano) en el cual se concentran una importante cantidad de proteínas (Tapia, 1979).

En el Cuadro 05 se muestra la composición química proximal de la quinua

Cuadro 05. Composición Química Proximal de la Quinua

Componentes	Promedio (%) ¹	Rango (min. - max.) ²
Humedad	12.65	6.88 - 20.70
Proteína	13.81	7.47- 22.08
Grasa	5.01	2.22 - 9.30
Carbohidratos	59.74	38.72 - 71.30
Cenizas	3.36	9.80 - 2.22
Fibra	4.14	1.10- 16.32
Celulosa	4.38	1.50 - 12.20

Fuente: ¹Tapia (1979), ²Repo–Carrasco (1992)

En el Cuadro 06 se presenta la composición proximal de los cereales y granos andinos en g/100g de materia seca.

Cuadro 06. Composición proximal de los cereales y granos andinos (g/100 g de materia seca).

Cereales/granos	Proteína	Grasa	Fibra cruda	Cenizas	Carbohidratos
Trigo Manitota	16.0	2.9	2.6	1.8	74.1
Trigo Inglés	10.5	2.6	2.5	1.8	78.6
Cebada	11.8	1.8	5.3	3.1	78.1
Avena	11.6	5.2	10.4	2.9	69.8
Centeno	13.4	1.8	2.6	2.1	80.1
Triticale	15.0	1.7	2.6	2.0	78.7
Arroz	9.1	2.2	10.2	7.2	71.2
Maíz	11.1	4.9	2.1	1.7	80.2
Sorgo	12.4	3.6	2.7	1.7	79.7
Quinua	14.4	6.0	4.0	2.9	72.6
Kañiwa	18.8	7.6	6.1	4.1	63.4
Kiwicha	14.5	6.4	5.0	2.6	71.5

Fuente: [Kent \(1992\)](#), [Repo-Carrasco \(1992\)](#)

Cuadro 07. Composición del grano de quinua y otros granos (g/100g)

Componente	Quinua	Qañiwa	Amaranto	Trigo
Proteínas	11,7	14,0	12,9	8,6
Grasas	6,3	4,3	7,2	1,5
Carbohidratos	68,0	64,0	65,1	73,7
Fibra	5,2	9,8	6,7	3,0
Ceniza	2,8	5,4	2,5	1,7
Humedad %	11,2	12,2	12,3	14,5

Fuente: [Collazos \(1975\)](#)

Cuadro 08. Promedios de los Análisis Químicos de Algunas Variedades de Quinua en Base Seca (g/100g).

Variedades	Ceniza	Fibra	Grasa	Humedad	Prot.	Carb.
Sajama	3.83	3.46	8.25	12.74	15.42	54.12
Chucapaca	2.34	2.64	6.48	11.17	16.79	62.41
Sayaña	2.72	4.42	7.93	11.53	15.63	57.48
Camiri	2.34	3.62	7.17	10.03	11.53	66.85
Huaranga	2.70	3.68	9.20	12.54	15.85	56.69
Chilpe	4.43	6.04	9.41	7.34	13.68	60.30
Real blanca	3.75	5.76	7.36	7.44	17.42	59.41
Pandela	4.61	3.35	3.46	10.21	15.75	63.40

Fuente: Torres, Guzmán A., Carvajal (2002).

Cuadro 09. Contenido de Minerales en Quinua.

Minerales	mg / g materia seca
Fósforo	387.0
Potasio	697.0
Calcio	127.0
Magnesio	270.0
Sodio	11.5
Hierro	12.0
Cobre	3.7
Manganeso	7.5
Zinc	7.8

Fuente: Wahli (1990)

2.4.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES DE QUINUA

2.4.2.1. VARIEDAD PASANKALLA

Periodo vegetativo de 157 días, 73.7 cm de altura de planta, 25.0 gr de biomasa aérea, panoja glomerulada de 24.4 cm de longitud, 3.5 cm de diámetro, 15.5 g de peso por panoja, 35 glomérulos por panoja y con rendimiento de 10.4 g de grano por panoja, 2180 Kg/Ha (grano) y 3488 Kg/Ha (broza), 2.2 mm de tamaño de grano y de forma lenticular (Gonzáles, 1979).

El Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIA) presentó la nueva variedad de Quinua INIA 415 - Pasankalla que posee alto valor nutricional, excelente calidad de grano para la transformación Agroindustrial y con rendimientos superiores a las 3 toneladas por hectárea (Tn/Ha) en campo de agricultores, características requeridas para la exportación de esta especie. Además, esta nueva variedad tiene un grano dulce, de 2 mm de diámetro y contiene 17.4% de proteínas. El INIA 415 – Pasankalla es el resultado de seis años de investigación sistemática llevada a cabo por científicos de la Estación Experimental Agraria (EEA) Illpa-INIA en Puno y es una respuesta a los problemas de producción, productividad y calidad de grano que afrontaban los productores de la región. Con otras

variedades, los agricultores lograban un rendimiento medio de 900 Kg/Ha, mientras que con la quinua INIA 415 -Pasankalla obtienen 3,5 TM/Ha de rendimiento promedio. El INIA 415 – Pasankalla es una variedad precoz pues su período vegetativo dura sólo 140 días, en comparación a la quinua del agricultor que requiere de 180 días para su cosecha (INIA, 2006).

2.4.2.2. VARIEDAD ILLPA INIA

Variedad obtenida en 1997 de la cruce de Sajama x Blanca de Juli y por selección masal y panoja surco de la generación F8, posee hábito de crecimiento erecto, planta de color verde oscuro, con altura de planta de 107 cm, de tamaño de grano grande de color blanco, libre de saponina (dulce). Rendimiento promedio de 3100 kg/Ha, tolerante al Mildiu y a las heladas (Mujica, 2003).

2.4.2.3. VARIEDAD KANCOLLA

El grano es blanco, semidulce, de tamaño medio (1.5mm) aunque el tamaño varía mucho de acuerdo al tipo de flor, la planta es de color verde, la panoja puede ser blanca rosada (Tapia, et al, 1979).

Seleccionada a partir del ecotipo local de la zona de Cabanillas – Puno, planta de color verde, de tamaño mediano alcanzando 80 cm. de altura, de ciclo vegetativo tardío, mas de 170 días, grano blanco, tamaño mediano, con alto contenido saponina, panoja generalmente amarantiforme, resistente al frío, granizo y al Mildiu, rendimiento promedio de 2500 kg/Ha, segrega a otros colores desde el verde hasta el púrpura, muy difundida en el altiplano Peruano. Se usa generalmente para sopas y elaboración de “kispiñu” panecillos cocidos al vapor. (Mujica, *et al*, 2000)

Es de origen Peruano, con un ciclo vegetativo largo, los granos son de color blanco y medio amarillento con alto valor de saponinas solubles, es considerado la variedad de mayor cultivo para consumo directo. (Borda y Gamarra, 2004).

Obtenida por la selección de ecotipos de Cabanillas (Puno), grano mediano de color blanco y rosado, alto contenido de saponina, tipo de panoja glomerulada, periodo vegetativo 160 a 180 días (Tardía) rendimiento 3500 kg/Ha, tolerancia intermedia al Mildiu, muy atacada por la Kcona Kcona, recomendable para las zonas como Azangaro y Juliaca (MINAG, 2000).

La variedad Kancolla tiene las siguientes características (CIRNMA, 1997):

- Origen : Ecotipos de Cabanillas
- Altitud : 3800 a 3900 m.s.n.m.
- Periodo vegetativo : 160 a 180 días
- Color del grano : Blanco o Rosado
- Tamaño del grano : 1.6 a 1.9 mm
- Contenido de saponina : Alto
- Tolerante : Mildiu y Nacobus

El diámetro de los granos de las diferentes variedades de quinua varía entre 1.2 a 2.8 mm, para el caso de la variedad Kancolla el diámetro de los granos varía entre 1.2 a 1.9 mm de diámetro (FAO, 2001).

Cuadro 10. Características Físico Químicas de la variedad Kancolla

Componentes	Análisis 1975 ¹	Análisis 1976 ¹	Análisis 1998 ²	Análisis 2002 ³
Proteínas	12.60	9.29	10.70	15.55
Grasa	5.22	6.63	6.30	6.46
Carbohidratos	59.12	66.46	66.20	57.52
Fibra (bruta)	4.37	1.49	3.10	6.68
Cenizas	6.63	3.05	2.40	3.03
Humedad	12.06	13.07	11.30	10.76

Fuente: IICA-PNUD (1991)¹, Choquehuanca (1998)², Borda y Gamarra (2002)³

2.4.2.4. VARIEDAD BLANCA DE JULI

Es una selección regional de la zona Peruana alrededor del Lago Titicaca, algo tardía, su rendimiento es muy variable, el grano es blanco de tamaño mediano (1.4 mm), con bajo contenido de saponina (Tapia, et al, 1979).

Originaria de Juli, selección efectuado a partir del ecotipo local, semi-tardía, con 160 días de periodo vegetativo, planta de color verde de tamaño mediano de 80 cm de altura, panoja intermedia, a la madurez la panoja adquiere un color muy duro blanquecino, de ahí su nombre, grano bien blanco, pequeño semi-dulce, rendimiento que supera los 2300 kg/Ha, relativamente resistente al frío, susceptible al Mildiu (*Peronospora farinosa*) y al granizo, excesivamente susceptible al exceso de agua, se utiliza generalmente para la elaboración de harina (Mujica, et al, 2000).

Selección de ecotipos locales de Juli – Puno, grano mediano, de color blanco, semidulce, tipo de panoja glomerulada, periodo vegetativo de 160 a 170 días (semi tardía), rendimiento 2500 kg/ Ha. Tolerancia intermedia al Mildiu, apta para zona circunlacustre, zonas de Juli, Pomata, Zepita, Península de Chuchito (MINAG, 2000).

Variedad de origen puneño, de grano mediano, panoja tipo glomerulada algo laxa, alcanza rendimientos variados de 800-1500 kg/Ha. Tiene periodo vegetativo de 180 días, resistencia intermedia al Mildiu y susceptible al ataque de *Nacobus* sp.(UNALM, 1998).

2.4.2.5. VARIEDAD SALCEDO INIA

Selección surco- panoja variedad “Real Boliviana x Sajama” en la estación experimental de Patacamaya – Bolivia, introducido en Puno en 1989, grano grande de color blanco, panoja glomerulada, periodo vegetativo 160 días

(precoz), rendimiento 2500 kg/ Ha. Resistente a heladas (-2°C), tolerante al Mildiu. Se recomienda su cultivo en la zona circunlacustre (MINAG, 2000).

2.4.3. CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE LA SEMILLA DE ALGUNAS VARIETADES DE QUINUA

Las principales características en variedades de quinua que se siembran en la región puno y que tienen bastante aceptación en el mercado se describe en el cuadro 11 (CIRNMA, 2001).

Cuadro 11. Características de las Variedades de Quinua

Variedad	Color	Tamaño	Saponina
Sajama	Blanco	2.0 – 2.2 mm	Sin saponina
Salcedo – INIA	Blanco	1.8 – 2.0 mm	Medio a Bajo
Kancolla	Blanco	1.6 – 1.9 mm	Alto
Blanca de Juli	Blanco	1.4 - 1.8 mm	Medio
Tahuaco	Blanco	1.5 – 1.7 mm	Alto
Cheweca	Blanco	1.2 mm	Bajo

Fuente: CIRNMA (2001)

Cuadro 12. Características de la Semilla de algunas Variedades de Quinua

Variedades	Color grano	Forma	Tamaño (mm)
Sajama	Blanco	Cónica	2.0-2.5
Real	Blanco	Cónica	2.2-2.8
Kancolla	Blanco	Cónica	1.2-1.9
Blanca de Juli	Blanco	Cónica	1.2-1.6
Koitu	Marrón ceniciento	Esferoidal	1.8-2.0
Misa Jupa	Blanco – rojo	Cónica	1.4-1.8
Amarilla Marangani	Amarillo Anaranjado	Cónica	2.0-2.8
Witulla	Morado	Lenticular	1.7-1.9
Negra de Oruro	Negro	Redonda	2.1-2.8
Katamari	Plomo	Esferoidal	1.8-2.0
Roja Coporaque	Púrpura	Cónica	1.9-2.1
Toledo	Blanco	Cónica	2.2-2.8
Pandela	Blanco	Cónica	2.2-2.8
Chullpi	Cristalino	Esférica aplan	1.2-1.8

Fuente: Mujica (2001)

2.5. CENIZAS

Las cenizas se suelen determinar por calcinación o incineración, pero en ciertos casos como en el del azúcar, se pueden determinar a partir de la conductividad eléctrica de su disolución. No obstante, el factor adecuado habrá de determinarse separadamente para cada tipo de azúcar examinado (Pearson, 1981).

El concepto de residuo de incineración o de cenizas se refiere al residuo que queda tras la combustión (incineración) completa de los componentes orgánicos de un alimento en unas condiciones determinadas. Una vez que se eliminan otras posibles impurezas y partículas de carbono procedentes de una combustión incompleta, este residuo se corresponde en el contenido en minerales del alimento. El residuo de incineración soluble en ácidos equivale aproximadamente al contenido en arena (Matissek 1992).

La composición, características de las cenizas dependen lógicamente de la naturaleza del alimento; cuya calcinación las ha producido. Así sucede que, en general, los alimentos de origen vegetal, excepto cereales derivados y, además, la leche y derivados generan cenizas de reacción alcalina, mientras que los alimentos de origen animal, excepto leche y además cereales, suministran cenizas ácidas. (www.unne.edu.ar, 2006).

El valor principal de la determinación de las cenizas (y también de las cenizas solubles en agua, la alcalinidad de las cenizas y las cenizas solubles en ácido) es que supone un método sencillo para determinar la calidad de ciertos alimentos, por ejemplo las especies y en la gelatina es un inconveniente un alto contenido en cenizas. Las cenizas de los alimentos deberán estar comprendidas entre ciertos valores, lo cual facilitará en parte su identificación. Además, tanto el azúcar como la harina se pueden clasificar según su contenido en cenizas (www.unne.edu.ar, 2006).

El porcentaje de cenizas se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas en base seca} = \frac{\text{peso de cenizas}}{\text{peso de muestra}} \times 100 \quad \text{Ec.(5)}$$

$$\% \text{ Cenizas base húmeda} = \frac{\% \text{ cenizas base seca} * \% \text{ mat. seca}}{100} \quad \text{Ec.(6)}$$

$$\% \text{ Materia orgánica} = 100 - \% \text{ cenizas en base seca} \quad \text{Ec.(7)}$$

2.5.1. UTILIDAD DE LA DETERMINACIÓN DE CENIZAS Y MINERALES

La determinación de cenizas y minerales es útil para (Badui, 1981):

- Etiquetado
- Calidad. Depende del tipo y cantidad de minerales, incluyendo el sabor, apariencia, textura y estabilidad.
- Estabilidad microbiológica. Altos contenidos de minerales pueden retardar el crecimiento de ciertos microorganismos.
- Nutrición. Minerales esenciales para la salud (Ca, P, K, Na), y otros son tóxicos (Pb, Hg, Cd, Al).
- Proceso. Afectan las propiedades fisicoquímicas (Pectinas-Ca)

2.5.2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PARA LA DETERMINACIÓN DE CENIZAS

Se debe tener en consideración los siguientes aspectos (Badui, 1981):

- Selección cuidadosa de una muestra representativa del lote.
- Los equipos de molienda de acero pueden introducir contaminantes a la muestra.
- El material de vidrio no debe estar rayado pues puede introducir contaminantes.
- Se debe usar agua destilada.

A) Material Vegetal

Primero se seca mediante métodos convencionales previo a la molienda. Los tallos y tejidos foliares deben ser secados en dos etapas: a 55°C primero y después a temperatura más alta para evitar contaminación por lignina. El material vegetal con 15% de humedad o menor humedad puede ser sometido al análisis sin el secado (Badui, 1981).

B) Productos Grasos y Azucarados

Los productos animales, jarabes y especias requieren de tratamientos previos debido a su alto contenido de grasas (provocan hinchamientos, salpican) o alto contenido de azúcar (producen espuma) que pueden ocasionar pérdida de muestra (Badui, 1981).

2.5.3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CENIZAS EN LOS ALIMENTOS

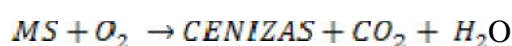
Las cenizas son los residuos inorgánicos de los alimentos que permanecen en la muestra posterior a la ignición u oxidación completa de la materia orgánica (Osborne, 1978).

Las principales técnicas de determinación de cenizas en alimentos son:

- Cenizas en seco (para la mayoría de las muestras de alimentos)
- Cenizas en húmedo (oxidación) para muestras con alto contenido de grasas como preparación para análisis elementales
- Cenizas por secado en plasma a baja temperatura (cenizas a baja temperatura o por plasma)

2.5.3.1. DETERMINACIÓN DE CENIZAS EN SECO

Fundamento: Eliminación por combustión.



Esta técnica se realiza mediante el uso de una mufla capaz de mantener temperaturas de 500°C a 600 °C. El agua y los vapores son volatilizados y la materia orgánica es quemada en presencia de oxígeno en aire a CO₂ y óxidos de N₂. La mayoría de los minerales son convertidos en óxidos, sulfatos, fosfatos, cloruros y silicatos. Elementos como el hierro, selenio, plomo y mercurio pueden volatilizarse parcialmente con este procedimiento (si se requiere de un análisis elemental se tiene que recurrir a otro método). (Egan, Kirk & Sawyer, 1991).

Los elementos que corren el riesgo de perderse en el análisis de cenizas en seco son: As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Hg, Ni, P, V, Zn. (www.unne.edu.ar, 2006).

La determinación de cenizas en seco considera los siguientes aspectos:

A) Cisoles para la Determinación de Cenizas (www.unne.edu.ar, 2006).

- Cisoles de cuarzo: son resistentes a los ácidos y halógenos pero no a los álcalis especialmente a altas temperaturas.
- Cisoles de pyrex: resistentes a una temperatura máxima de 500°C.
- Cisoles de porcelana: relativamente baratos pero no soportan cambios bruscos de temperatura.
- Cisoles de acero: resistentes a ácidos y álcalis, baratos pero están compuestos de una aleación cromo-níquel, posibles fuentes de contaminación.
- Cisoles de platino: inertes y probablemente los mejores cisoles pero muy caros para uso rutinario y para procesar muchas muestras.

B) Precauciones al Marcar los Cisoles (www.unne.edu.ar, 2006)

- No se debe utilizar pluma común pues la tinta se desvanece con el calor.
- Marcadores de punta de acero, disponibles en el mercado.

- De preferencia se debe marcar el crisol con una pluma con punta de diamante, un clavo de hierro disuelto en HCl concentrado forma una pequeña quemadura útil para marcar.

C) Ventajas de la Determinación de Cenizas en Seco (www.unne.edu.ar, 2006)

- Es un método seguro
- No requiere de adición de reactivos.
- No requiere de atención directa una vez iniciada la incineración.
- Se pueden procesar muchas muestras de una vez.
- La ceniza resultante puede ser utilizada para otras determinaciones (minerales).

D) Desventajas del Método de Determinación de Cenizas en Seco (www.unne.edu.ar, 2006)

- Se requiere de mucho tiempo para la determinación (tiempo de incineración: 12 a 18 horas o toda la noche).
- Las muflas son caras.
- Se pierden elementos volátiles.
- Puede presentarse interacción entre componentes minerales y crisoles.

E) Sugerencias para acelerar el proceso de incineración (www.unne.edu.ar, 2006).

- A las muestras muy grasosas debe extraérseles las grasas primero.
- La glicerina, el alcohol y el hidrógeno acelerarán la incineración.
- Las muestras gelatinosas salpicarán y se pueden mezclar con la fibra de algodón.
- Se puede añadir una solución alcohólica de acetato de magnesio para acelerar la incineración de los cereales. sin embargo, se debe realizar una determinación previa con un blanco.

2.5.3.2. DETERMINACIÓN DE CENIZAS EN HÚMEDO

Este procedimiento se utiliza para oxidar la materia orgánica usando ácidos y agentes oxidantes. Los minerales se oxidan sin volatilización. La materia orgánica se destruye y se oxida por la acción del ácido sulfúrico y del ácido nítrico en ebullición (Osborne y Voogt, 1978).

Preferentemente se utilizan los ácidos nítrico, sulfúrico y perclórico, sin embargo, se debe tomar la precaución de utilizar campanas de extracción potentes. Se debe tener cuidado cuando se están analizando alimentos grasos (Iturbe, 2000).

A) Ventajas de la Determinación de Cenizas Húmedas (Iturbe, 2000).

- Los minerales usualmente permanecen en solución y casi no hay pérdida de minerales por volatilización debido a que se utiliza menor temperatura.
- El tiempo de oxidación es corto y requiere de campana de extracción, estufa, pinzas largas y equipo de seguridad

B) Desventajas de la Determinación de Cenizas Húmedas (Iturbe, 2000)

- Necesita supervisión continua por parte del operador.
- Se necesitan reactivos corrosivos.
- Sólo pueden procesarse pocas muestras a la vez.
- Se necesita realizar todo el trabajo con campana de extracción.

C) Problemas de la Determinación de Cenizas Húmedas (Iturbe, 2000)

- Fugas en el sistema de vacío.
- Los sellos de las cámaras pueden desgastarse y originar fugas.
- Pueden romperse en las juntas tipo t (por lo común son de plástico) en el sistema de vacío.
- Se debe tener cuidado de reemplazar estas piezas.

2.5.3.3. DETERMINACIÓN DE CENIZAS POR BAJA TEMPERATURA Y PLASMA

Los alimentos son oxidados en un vacío parcial mediante oxígeno naciente formado por un campo electromagnético. Este proceso ocurre a una temperatura muy inferior que la de la mufla, evitando así, la volatilización de la mayoría de los elementos. Las estructuras cristalinas comúnmente permanecen intactas. Se introduce una pequeña cantidad de oxígeno cuya molécula se rompe para formar oxígeno naciente mediante un generador de un campo electromagnético de radiofrecuencia. Un poder de frecuencia ajusta la velocidad de incineración. Se puede introducir aire como un procedimiento de incineración más noble para conservar los componentes microscópicos y estructurales como los cristales de oxalato de calcio en los tejidos foliares. El equipo consiste en un sistema de vidrio con un número variable de cámaras para muestras que pueden ser evacuadas mediante una bomba de vacío (www.unne.edu.ar, 2006).

2.5.4. CENIZAS SOLUBLES EN AGUA

Método empleado principalmente para establecer el contenido de fruta en productos como mermeladas, jugos, jaleas y otros. Se basa en que los azúcares provenientes de las frutas son solubles en agua, y cuando se elaboran productos derivados de éstas, como mermeladas, se adicionan además gomas y pectinas. En el té por ejemplo por lo menos la mitad debe ser hidrosoluble (www.unne.edu.ar, 2006)

2.5.4.1. DETERMINACIÓN DE CENIZAS SOLUBLES EN AGUA

Se añaden a las cenizas unos 25 ml de agua, se cubre la mezcla con un vidrio de reloj para evitar salpicaduras y se hierve durante 5 min. se filtra la mezcla a través de un papel de filtro sin cenizas y se lava cuidadosamente el

residuo con agua caliente. Si se ha de determinar la alcalinidad de las cenizas se guarda el filtrado, se enfrían las cenizas en un desecador y se pesan. Se calculan las cenizas insolubles en agua en porcentaje de la muestra original. Además de que el dato es parte de la identificación, un bajo contenido de cenizas solubles en agua es indicio de que el material original ha sufrido una extracción, como por ejemplo, en el jengibre agotado y en el té consumido (Pearson, 1981).

Los valores por ejemplo, reportados para jalea de durazno es 0.49%, de piña 0.43% y de fresa 0.46% (Nielsen, 1994).

$$\%CS_{H_2O} = \% \text{ cenizas Totales} - \% CI_{H_2O} \quad \text{Ec. (8)}$$

Donde:

$\%CS_{H_2O}$ = Cenizas solubles en agua

$\%CI_{H_2O}$ = Cenizas insolubles en agua

2.5.5. CENIZAS INSOLUBLES EN AGUA

Este método es empleado principalmente para establecer la adición de material mineral en productos como azúcares y productos de frutas, se basa en el hecho de que algunos agentes blanqueadores ó bien conservadores son insolubles en agua. Para esta determinación se parte de las cenizas, las cuales se disuelven en agua caliente por 5 min. Luego se filtran en papel libre de cenizas, posteriormente se incineran (Universidad Central de Venezuela, s/f).

$$\%CI_{H_2O} = \frac{C_i}{G} \times 100 \quad \text{Ec. (9)}$$

Donde:

$\%CI_{H_2O}$ = Cenizas insolubles en agua (%)

C_i = Peso del residuo de las cenizas insolubles en agua (g)

G = Peso de la muestra (g)

2.5.6. CENIZAS INSOLUBLES EN ÁCIDO

Algunos alimentos llevan adheridas impurezas (arena/tierra). Estas impurezas deben esperarse en productos que crecen cerca del suelo como verduras (por ej. espinacas), setas y similares, pero también por ejemplo en las conservas de tomate. Como la arena por lo general no está repartida homogéneamente, cuando se hagan varias determinaciones aparecerán desviaciones considerables en los resultados (Matissek, 1992).

Son una medida de la materia arenosa, y en algunos países está regulada para hierbas y especias. Los contaminantes minerales insolubles son los minerales del suelo (en su mayoría silicatos y silicio de opalina) solubles únicamente en HBr o Hf. (Universidad Central de Venezuela s/f).

2.5.6.1. DETERMINACIÓN DE CENIZAS INSOLUBLES EN ÁCIDO

Se evaporan a sequedad las cenizas humedecidas con ácido clorhídrico concentrado, se repite la operación hasta insolubilizar la sílice y se extrae el residuo varias veces con ácido clorhídrico diluido caliente (25 ml de HCl concentrado en 100 ml). Se filtra por un papel de filtro sin cenizas y se lava el residuo con agua caliente. El papel filtro se quema en una cápsula en una mufla, se enfría en un desecador y se pesa. El residuo se calcula en porcentaje de la muestra original y el resultado obtenido se denomina “cenizas insolubles en ácido” o “arena y otras materias silíceas” (Pearson, 1981).

Las cenizas insolubles en ácido son una medida de la materia arenosa presente, estando especificados los valores máximos para las hierbas y especias. La presencia de suciedad aumenta los valores obtenidos (Pearson, 1981).

Cálculos:

$$\%CI\ Ac = \frac{C_i}{G} \times 100 \quad Ec. (10)$$

Donde:

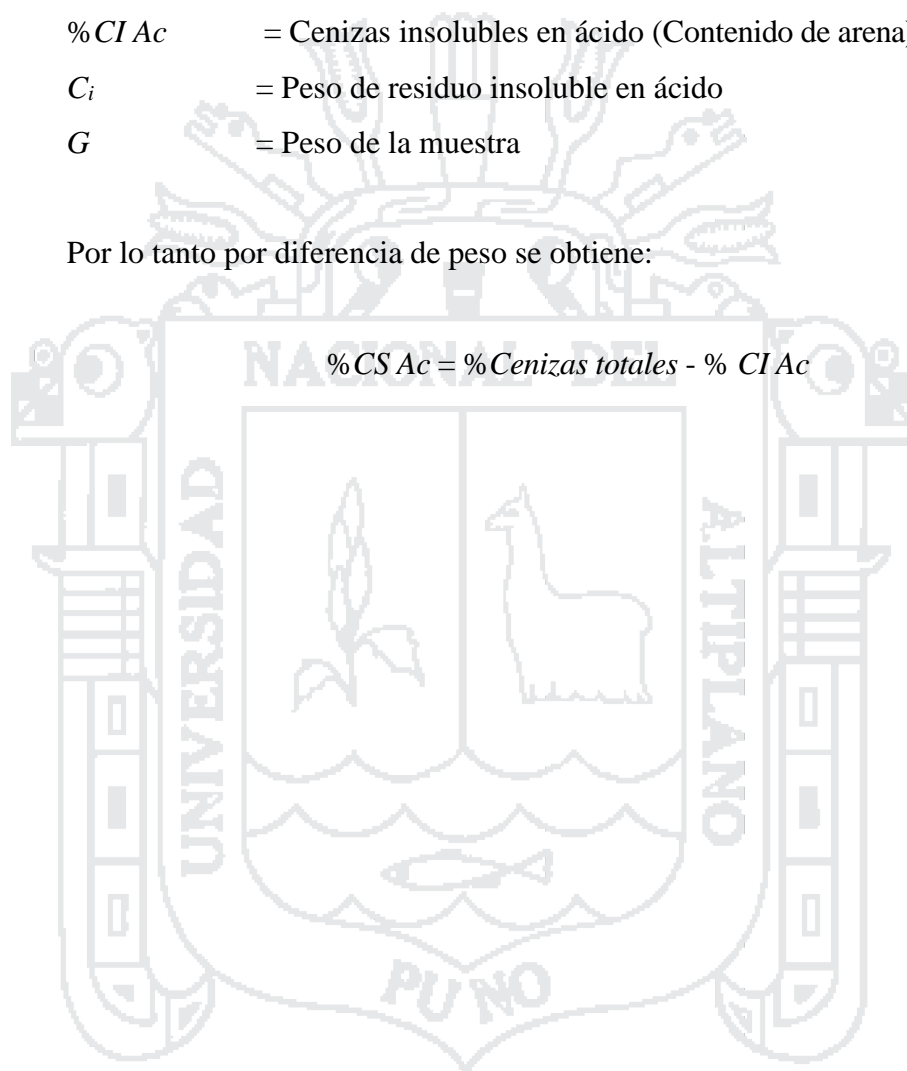
$\%CI\ Ac$ = Cenizas insolubles en ácido (Contenido de arena)

C_i = Peso de residuo insoluble en ácido

G = Peso de la muestra

Por lo tanto por diferencia de peso se obtiene:

$$\%CS\ Ac = \%Cenizas\ totales - \%CI\ Ac$$



III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCION

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Nutrición de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano del Departamento de Puno a una Altitud de 3824 m.s.n.m., con coordenadas geográficas de Longitud oeste de 70°00'43,5"; Latitud Sur de 15° 49'34,5" y Latitud Norte de 67° 55' (Borda y Gamarra, 2002).

3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

Para la primera fase se empleó como material en estudio el horno mufla. Para la segunda fase se emplearon muestras de grano de quinua de cinco variedades (Pasankalla, Illpa INIA, Kancolla, Blanca de Juli y Salcedo INIA) las cuales fueron adquiridas del Instituto Nacional de Investigación Agraria INIA - Puno.

3.3. EQUIPOS MATERIALES Y REACTIVOS

3.3.1. EQUIPOS

- Horno Mufla - Thermolyne FB-1410M
- Estufa – Labor Müszerpari Müvek
- Balanza analítica - Mettler Toledo

3.3.2. MATERIALES DE LABORATORIO

- Crisoles de porcelana de 4 cm de diámetro
- Cápsulas de porcelana de 10 cm de diámetro

- Campanas de desecación
- Pinzas para crisol
- Guantes de asbesto
- Pipetas de 20 ml
- Espátula
- Fiolas de 500 ml y 100 ml
- Matraz erlenmeyer de 50 ml
- Vasos de precipitados Pyrex de 10 ml y 50 ml
- Lunas de reloj de 4 cm de diámetro
- Papel filtro libre de cenizas
- Probetas de 5 ml y 100 ml
- Embudos de vidrio Pyrex
- Mortero de porcelana
- Cocina eléctrica
- Olla de aluminio (baño maría)
- Frasco lavador de plástico de 500 ml
- Cronómetro de precisión
- Cinta métrica metálica
- Manual Thermo SCIENTIFIC
- Cámara Fotográfica de 4.5 Mega pixeles de resolución
- Lápiz
- Cuaderno de apuntes
- Tijera para papel

3.3.3. REACTIVOS

- Ácido clorhídrico HCl (diluido al 10% de concentración)
- Agua destilada

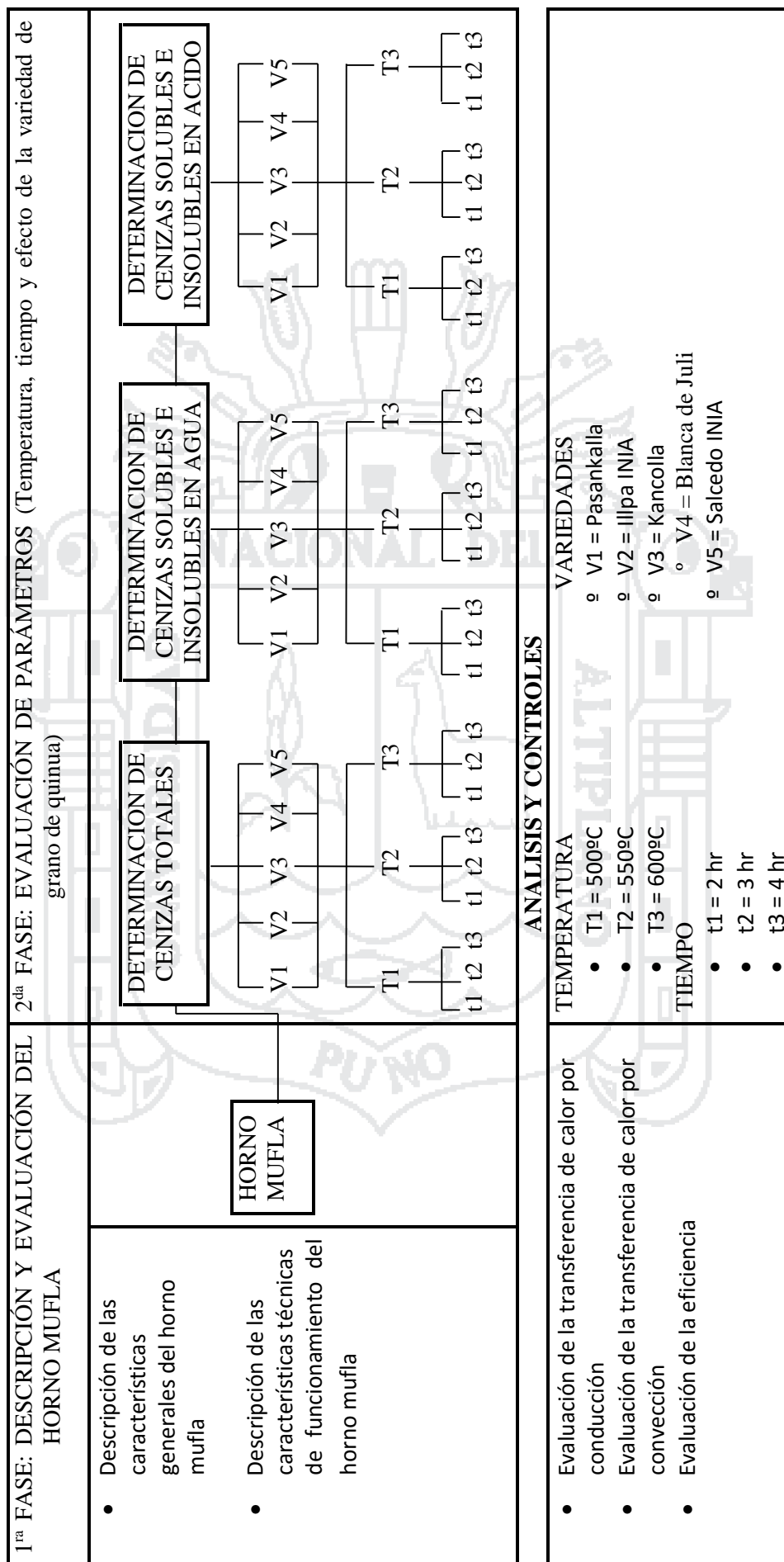
3.4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Se realizó según se detalla a continuación:

- Descripción de las características generales del horno mufla que se ha adquirido.
- Descripción de las características técnicas de funcionamiento del horno mufla que se ha adquirido.
- Evaluación del tiempo, temperatura y efecto de la variedad de grano en la determinación de cenizas totales de cinco variedades de quinua.
- Evaluación del tiempo, temperatura y efecto de la variedad de grano en la determinación de cenizas solubles e insolubles en agua de cinco variedades de quinua.
- Evaluación del tiempo, temperatura y efecto de la variedad de grano en la determinación de cenizas solubles e insolubles en ácido de cinco variedades de quinua.

En la Figura 01 se presenta la metodología experimental para el presente trabajo de investigación.

FIGURA 01. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL PARA LA EVALUACIÓN DEL HORNO MUFLA Y LA DETERMINACIÓN DE CENIZAS EN CINCO VARIETADES DE QUINUA



Fuente: Elaboración propia

3.4.1. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.4.1.1. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL HORNO MUFLA

Para la descripción de las características generales del horno mufla de incineración convencional en su primera fase se utilizaron métodos de observación así como también métodos descriptivos e inductivos validados por Zea (2004), las características generales fueron proporcionadas por fichas técnicas del equipo así como también por el manual Thermo Scientific y la empresa Cienytec Ltda. (Instrumentos científicos y equipos para laboratorio).

3.4.1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL HORNO MUFLA

La descripción de las características técnicas de funcionamiento del horno mufla se realizaron mediante un proceso de conocimiento y la identificación de cada una de las partes que caracterizan el equipo que fueron obtenidos de fichas técnicas así como también del proceso de manipulación del equipo.

Para la evaluación de las características técnicas de funcionamiento del horno mufla se consideraron aspectos tales como: transferencia de calor por conducción, transferencia de calor por convección y eficiencia térmica del equipo.

A) Evaluación de la Transferencia de Calor por Conducción

La relación de transferencia de calor por conducción fue establecida por el Francés Joseph Fourier (1822), quien aplicó en su teoría analítica de calor, esta ley establece que la transferencia de calor por conducción en una

dirección dada es proporcional al área normal a la dirección de flujo de calor y al gradiente de temperatura en esa dirección.

La evaluación de la transferencia de calor por conducción en el horno mufla se determinará con la ecuación de la ley de Fourier.

$$q_x = -k A \frac{dT}{dx} \quad \text{Ec. (11)}$$

*El signo negativo en la ecuación expresa que el flujo de calor es siempre en el sentido de mayor a menor temperatura.

Donde:

q_x = Flujo de calor por conducción en la dirección x (W)

k = Conductividad térmica del material (W/m.K)

A = Área a través de la que fluye el calor (m²)

T = Temperatura (K)

x = Distancia (m)

B) Evaluación de la Transferencia de Calor por Convección

El cálculo de la transferencia de calor por convección en el horno se realiza debido a que existe un intercambio de energía entre el fluido y la superficie.

Según J.P. Holman (1997) el calor perdido por convección está dado por la siguiente ecuación:

$$q = h A (T_w - T_b) \quad \text{Ec. (12)}$$

Donde:

q = Rapidez de calor transferido por convección (W)

A = Área de transferencia de calor (m²)

T_w = Temperatura general o media del fluido (K)

T_b = Temperatura de la pared en contacto con el fluido (K)

h = Coeficiente convectivo (W/m².K)

C) Evaluación de la Eficiencia del Horno Mufla

La evaluación de la eficiencia térmica del horno mufla se realizó tomando como referencia la ecuación en base a la primera ley de la termodinámica.

$$\eta_{\text{térmica}} = \frac{\text{Trabajo Neto de Salida}}{\text{Calor de Entrada}} = \frac{|W|}{|Q_H|} \quad \text{Ec. (13)}$$

3.4.1.3. DETERMINACIÓN DE CENIZAS TOTALES DE LAS CINCO VARIEDADES DE QUINUA

Para la determinación de las cenizas totales se empleó el método recomendado por la AOAC. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. (1990).

Fundamento

Las cenizas de los [productos](#) alimentarios están constituidas por el residuo inorgánico que queda después de que la [materia](#) orgánica se ha quemado. Las cenizas obtenidas no tienen necesariamente la misma composición que la materia mineral presente en el alimento original, ya que puede haber habido pérdidas por volatilización o alguna [interacción](#) entre los constituyentes. Las condiciones de calcinación son especificadas para diversos [materiales](#). El [valor](#) de las cenizas puede considerarse como una medida general de la [calidad](#) y a menudo es un criterio útil para determinar la [identidad](#) de un alimento.

Procedimiento

Para la determinación de cenizas totales se procedió de la siguiente manera:

- Primeramente se procedió a la molienda de las muestras de las cinco variedades de quinua (Pasankalla, Illpa INIA, Kancolla, Blanca de Juli y Salcedo-INIA).

- Se puso a peso constante los crisoles de porcelana, lo cual significa dejarlo durante 15 minutos en la mufla a una temperatura de 550°C, posteriormente se dejó enfriar los crisoles en una campana desecadora durante 15 a 20 minutos procurando no cerrar la campana desecadora totalmente, ya que el calor de los crisoles puede provocar que la tapa se proyecte y se rompa.
- Se pesaron los crisoles en la balanza analítica identificándolo con el número que tiene marcado en la parte inferior, anotándose los pesos de cada crisol.
- Se pesaron en cada uno de los crisoles 2,0 gr de muestra de cada una de las variedades de quinua.
- Se incineraron las muestras en el horno mufla a temperaturas y tiempos de: 500°C por 2hr, 3hr y 4hr; 550°C por 2hr, 3hr y 4hr y finalmente a 600°C por 2hr, 3hr y 4hr para cada variedad de quinua.
 - Se dejó enfriar la mufla durante un tiempo de 45 a 60 min.
 - Se pesaron las cenizas anotando el peso de cada uno de ellos.

El porcentaje de cenizas se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Cenizas} = \frac{\text{Peso de Cenizas}}{\text{Peso de Muestra}} \times 100 \quad \text{Ec. (14)}$$

3.4.1.4. DETERMINACIÓN DE CENIZAS SOLUBLES EN AGUA

Para la determinación de cenizas solubles en agua se tomó como referencia el método descrito por Pearson (1981) el cual se determina por diferencia de peso entre las cenizas totales y las cenizas insolubles en agua, mediante la siguiente ecuación:

$$\% CS H_2O = \% \text{ Cenizas Totales} - \% CI H_2O \quad \text{Ec. (15)}$$

Donde:

$\% CS H_2O$ = Cenizas solubles en agua

$\% CI H_2O$ = Cenizas insolubles en agua

3.4.1.5. DETERMINACIÓN DE CENIZAS INSOLUBLES EN AGUA

Los residuos de la muestra obtenidos por incineración a temperaturas y tiempos de: 500°C por 2hr, 3hr y 4hr; 550°C por 2hr, 3hr y 4hr y 600°C por 2hr, 3hr, y 4hr se tratan con agua destilada. La fracción insoluble se calcula por diferencia de peso tras su filtración y nueva incineración.

Este método es empleado principalmente para establecer la adición de material mineral en productos como azúcares y productos de frutas.

Basándose en el hecho de que algunos agentes blanqueadores ó bien conservadores son insolubles en agua (Universidad Central de Venezuela).

Procedimiento

- El residuo de incineración obtenido (previamente pesado) se pasó cuidadosamente desde el crisol al matraz con la ayuda de la varilla de vidrio.
- Se agregó la cantidad de 20 ml de agua destilada, después se taparon los matraces con las lunas de reloj.
- Se procedió a calentar los matraces en baño maría durante 5 minutos.
- Se retiraron las muestras del baño maría y se filtraron a través de un papel filtro libre de cenizas, se lavaron con agua destilada caliente hasta que no queden residuos en los matraces.
- Se secaron los papeles filtro en la estufa a 30°C y luego se calcinaron en la mufla a 600 °C por 30 minutos.
- Se dejó enfriar la mufla durante 30 a 45 minutos, se sacaron las muestras con las cenizas insolubles en agua a una campana desecadora y finalmente se pesaron.

El porcentaje de cenizas insolubles en agua se calculará con la siguiente fórmula:

$$\% CI_{H_2O} = \frac{C_i}{G} \times 100 \quad \text{Ec. (16)}$$

Donde:

$\% CI_{H_2O}$ = Cenizas insolubles en agua

C_i = Peso del residuo de las cenizas insolubles en agua (g)

G = Peso de la muestra (g)

3.4.1.6. DETERMINACIÓN DE CENIZAS SOLUBLES EN ÁCIDO

La determinación de cenizas solubles en ácido se hizo por diferencia de peso entre las cenizas totales y las cenizas insolubles en ácido, se determinó con la siguiente ecuación:

$$\% CS Ac = \% Cenizas Totales - \% CI Ac \quad Ec.(17)$$

Donde:

$CS Ac$ = % Cenizas solubles en ácido

$CI Ac$ = % Cenizas insolubles en ácido

3.4.1.7. DETERMINACIÓN DE CENIZAS INSOLUBLES EN ÁCIDO

Los residuos obtenidos por incineración a temperaturas y tiempos de: 500°C por 2hr, 3hr y 4hr; 550°C por 2hr, 3hr y 4hr y 600°C por 2hr, 3hr, y 4hr se tratan con ácido diluido. La fracción insoluble se calcula por diferencia de peso tras su filtración y nueva incineración. Este residuo se denomina contenido en arena, aunque además de dióxido de silicio por lo general se encuentran también otras sustancias insolubles Pearson (1981).

Procedimiento

- El residuo de incineración obtenido (previamente pesado) se pasó cuidadosamente desde el crisol al matraz con la ayuda de la varilla de vidrio
- Se agregó la cantidad de 20 ml de ácido clorhídrico (HCl) al 10 %, después se taparon los matraces con las lunas de reloj.
- Se procedió a calentar los matraces en baño maría durante 10 minutos.
- Se retiraron las muestras del baño maría y se filtraron a través de un papel filtro libre de cenizas, se lavaron con agua destilada caliente hasta que no queden residuos en los matraces.
- Se secaron los papeles filtro en la estufa a 30°C y se calcinaron en la mufla a 600 °C por 30 minutos.

- Se dejó enfriar la mufla durante 30 a 45 minutos, se sacaron las muestras con las cenizas insolubles en ácido a una campana desecadora y finalmente se pesaron.

El porcentaje de cenizas insolubles en ácido (contenido de arena) se determinará con la siguiente ecuación:

$$\% CIAc = \frac{C_i}{G} \times 100 \quad Ec. (18)$$

Donde:

$\% CIAc$ = % Cenizas insolubles en ácido

C_i = Peso del residuo de las cenizas insolubles en ácido (g)

G = Peso de la muestra (g)

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la evaluación de cada uno de los parámetros se utilizó un diseño estadístico bloque completo al azar (DBCA) con un arreglo factorial de 3 x 3, con 3 temperaturas y 3 tiempos de incineración, obteniéndose 9 tratamientos, con 5 bloques (variedades de quinua), resultando un total de 45 tratamientos, así mismo se efectuaron comparaciones múltiples de Duncan a un nivel de P 0.05.

Las variables en estudio consideradas son: temperatura (500, 550 y 600°C), tiempo (2, 3 y 4 hr) y la variedad de grano (Pasankalla, Illpa INIA, Kancolla, Blanca de Juli y Salcedo INIA), las variables de estudio consideradas se detallan en la Figura 01

3.5.1. MODELO MATEMÁTICO

El modelo lineal aditivo es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, 3 \text{ (Niveles del factor } T) \\ j = 1, 2, 3 \text{ (Niveles del factor } t) \\ k = 1, 2, 3, 4, 5 \text{ (Bloques)} \end{array} \right.$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta (cenizas totales, cenizas solubles e insolubles en agua, cenizas solubles e insolubles en ácido)

μ = Constante, media poblacional a la cual pertenecen las observaciones

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor T (Temperatura)

β_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor t (tiempo)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor T con el j-ésimo nivel del factor t (T*t)

γ_k = Efecto de los bloques

ε_{ijk} = Efecto del error experimental

3.5.2. FACTORES DE ESTUDIO

Los factores en estudio considerados para la determinación de cenizas totales, cenizas solubles e insolubles en agua, cenizas solubles e insolubles en ácido de cinco variedades de quinua son:

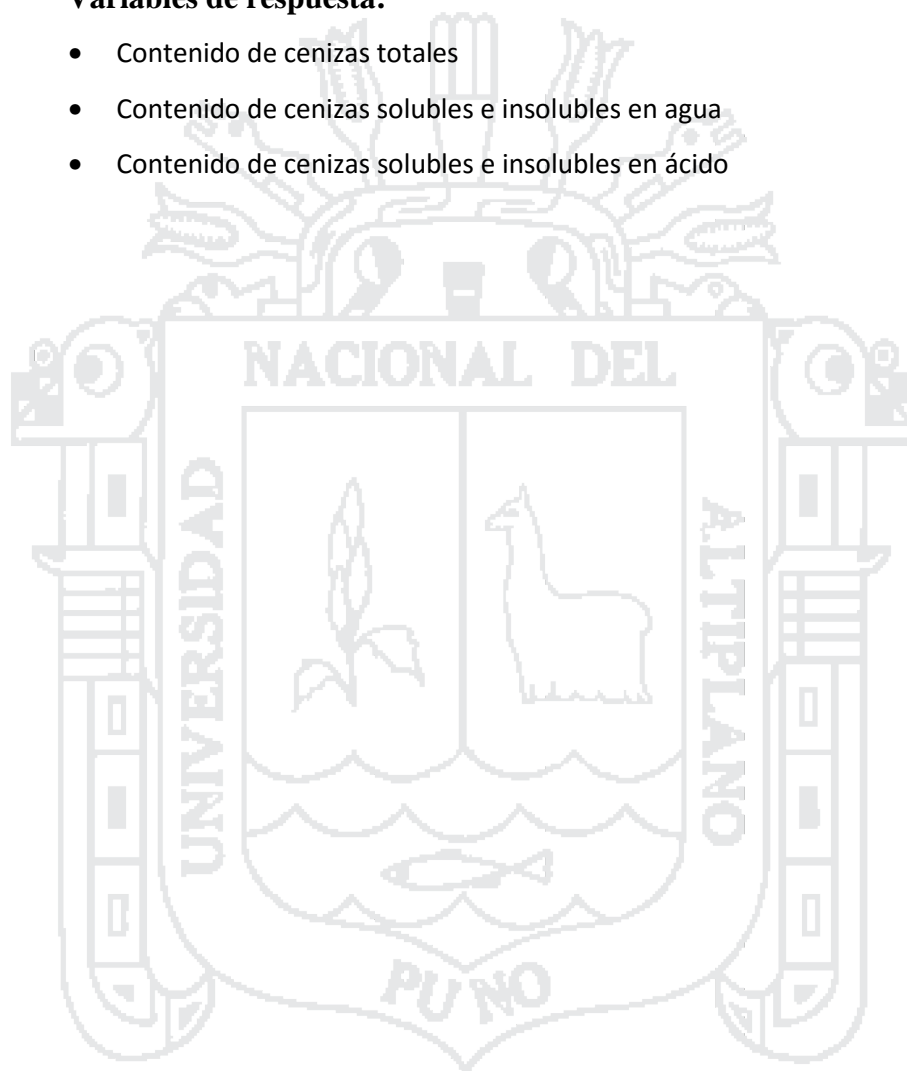
Variables de estudio:

- Temperatura: (T)
 - Niveles: $T_1=500^\circ\text{C}$; $T_2=550^\circ\text{C}$; $T_3=600^\circ\text{C}$
- Tiempo: (t)
 - Niveles: $t_1=2\text{hr}$; $t_2=3\text{hr}$; $t_3=4\text{hr}$
- Variedad de grano de quinua: (V)

- Niveles: V_1 = Pasankalla; V_2 = Illpa- INIA; V_3 =Kancolla;
 V_4 = Blanca de Juli; V_5 = Salcedo-INIA

Variables de respuesta:

- Contenido de cenizas totales
- Contenido de cenizas solubles e insolubles en agua
- Contenido de cenizas solubles e insolubles en ácido



IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL HORNO MUFLA

- Marca: THERMOLYNE
- Modelo: FB1410-M
- Procedencia: U.S.A.
- El horno mufla de mesa tiene 2.1 Lt de capacidad de la cámara.
- Temperatura máxima de 1100°C.
- El horno mufla Thermolyne de mesa es ideal para incinerar la mayoría de los tipos de muestras orgánicas e inorgánicas, por lo tanto es ideal también para la incineración de la quinua.
- El aislamiento de la fibra de cerámica permite un calentamiento más rápido, reduciendo el consumo de energía.
- El elemento de calefacción encajado en tapa y ambos lados mejora la uniformidad de la temperatura.
- La puerta de caída se dobla como estante para la carga y descarga.

El horno mufla presenta además las siguientes características técnicas:

- Volumen de la cámara : 2.1 litros
- Dimensiones de la cámara : 12,7 x 10,8 x 15,2cm
- Dimensiones externas : 24,6 x 39,0 x 28,3cm
- Temperatura de trabajo : 100°C a 1100°C
- Potencia : 1520 Watts
- Conexión eléctrica : 220 -240 V; 50/60 Hz; 6,3 Amp
- Peso de embarque : 10,4 Kg
- Controlador de temperatura : control digital de un solo valor de temperatura.
- Estabilidad : $1000 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- Uniformidad : $1000 \pm 5.0^{\circ}\text{C}$

Estas características presentadas por el horno mufla FB1410-M se muestran dentro de una amplia variedad de modelos que se adaptan a los requerimientos deseados. Existen muflas desde 1.3 a 254 litros de capacidad, digitales o programables, de cámara tipo rectangular, con temperaturas de 100°C a 1700°C en un amplio rango, alimentación disponible de 120, 208 ó 240 V, 50/60Hz Cienytec Ltda. (2008). Este modelo de horno mufla (FB1410-M) se clasifica como horno mufla pequeño thermolyne que además tiene a los modelos FB1300 y FB1500, en general las características son similares para estos modelos presentándose para el modelo FB1410-M una capacidad de 2,1 litros que es mayor al FB1300 que tiene 1,3 litros pero ligeramente mas pequeño que el FB1500 que cuenta con una capacidad de 2,2 litros; asimismo presenta diferencias en cuanto a la potencia (1060 a 1520W), conexión eléctrica (120, 220 y 240V) peso (7,1;10,4 y 12Kg) respectivamente para cada modelo, en cuanto a las demás características como temperatura, estabilidad, uniformidad y otros no se presentan diferencias. Todos los modelos poseen pantallas con diodos emisores de luz que muestran simultáneamente la temperatura de referencia y la temperatura real del horno y potencia ajustable desde 1 hasta 100 % (Cienytec Ltda. 2008). Estas características presentadas son las adecuadas en comparación a las características presentadas por los hornos mufla existentes en los Laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial ya que estos hornos están fundidos y/o malogrados.

4.1.1. ASPECTOS DE SEGURIDAD DEL HORNO

- El horno mufla Modelo FB1410-M es un horno de laboratorio de tratamiento al calor. Para la vida óptima del equipo se debe mantener los siguientes rangos de temperatura: 100°C a 982°C para uso continuo, o de 982°C a 1100°C para uso intermitente. Uso continuo es operar el horno por más que tres horas exactas y uso intermitente es operar el horno por menos de tres horas.
- No usar este equipo para cualquier otro que su uso proyectado.

- Asegurar que la temperatura del ambiente no exceda 40°C. La temperatura ambiental recomendada es 17°C-27°C y 20% - 80% de humedad relativa. Ambientes por encima de este nivel pueden resultar dañinos para el controlador.
- Instalar el horno sobre una superficie firme y dejar espacio adecuado para ventilación. Dejar por lo menos 6 pulgadas de espacio entre el horno y cualquier superficie combustible. Esto permite que el calor pueda escapar desde la caja del horno tal que no crea un posible riesgo de incendio.
- Para evitar choque eléctrico, este horno siempre debe usar una salida adecuadamente puesto en tierra de correcto voltaje.
- Para evitar daño personal no usar en la presencia de productos químicos inflamables o combustibles; se puede provocar incendio o explosión. Este equipo contiene componentes que pueden incendiar tales materiales.
- Evitar contacto. Para evitar incendios, este horno no debe ser tocado en las superficies exterior o interior durante el uso o por un periodo de tiempo después del uso.
- Siempre llevar puesto lentes de seguridad o blindajes de seguridad y guantes de altas temperaturas cuando se carga o descarga el horno, se recomienda usar ropas de mangas largas y retardantes de fuego y un mandil retardante de fuego.

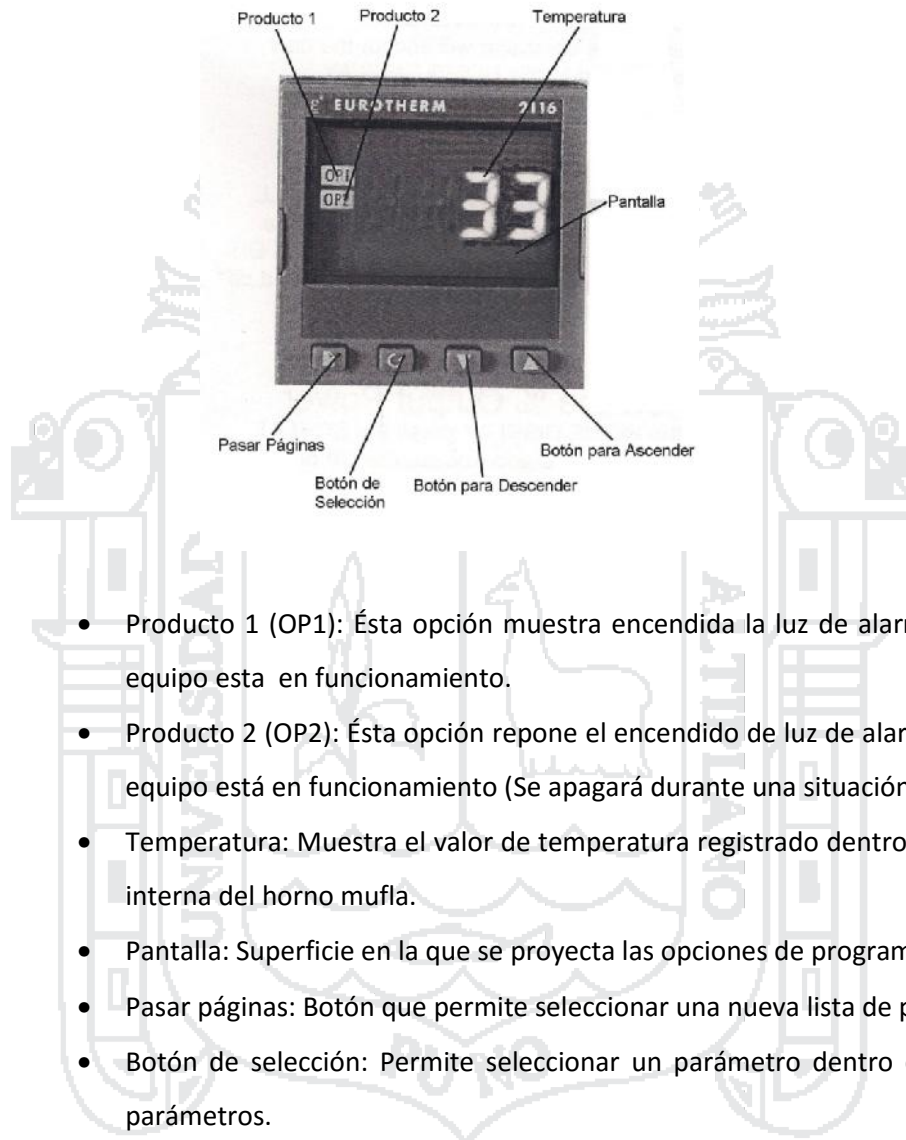
Los aspectos de seguridad del horno mufla FB1410-M son muy similares a los que se deben tener en cuenta para todos los hornos que son eléctricos, los modelos FB1300 y FB1500 cuentan con las mismas medidas de seguridad descritas. La diferencia en aspectos de seguridad radica solamente en el tamaño que puedan tener los demás hornos así como también se deben considerar el material del cual están contruidos y algunos elementos adicionales de construcción (Cienytec Ltda. 2008).

4.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL HORNO MUFLA

- El horno mufla Thermolyne modelo FB 1410-M es un dispositivo que emite calor el cual debe mantener distancia entre otros equipos y materiales de laboratorio que son sensibles al calor.
- La programación de la temperatura se debe efectuar con la puerta abierta.
- Se puede hacer solamente un control de temperatura, es decir solo se puede programar un valor de temperatura que puede ser de 100°C a 1100°C.
- Una vez programado o fijado el valor de temperatura con el cual se va a trabajar se observa que en un margen de tiempo de 20 a 25 minutos el horno mufla llega a estabilizarse a la temperatura programada (ejm. si la temperatura se programa a 600°C, inicialmente se registra una temperatura dentro de la cámara de 20°C y al cabo de 25 minutos ésta llega a una temperatura máxima de 651°C, llegando a descender hasta los 592°C de temperatura mínima y logrando estabilizarse luego de 15 minutos a los 600°C programados).
- Una vez terminada la prueba de ignición o calcinación de las muestras en el horno mufla, éste se debe dejar enfriar durante aproximadamente 45 a 60 minutos.
- No sobrecargar la cámara del horno ni permitir que la carga toque la termocupla. Si la carga va a ser calentada uniformemente no debería ocupar más de dos tercios de cualquier dimensión de la cámara ya que podría resultar dañino para los componentes del horno y/o carga. Para mejores resultados de cargado del horno, usar menos de dos tercios de cualquier dimensión de la cámara. Mantener un espacio de tres cuartos de pulgada entre la carga y los lados de la cámara.
- Mantener los objetos lejos de la termocupla.

La ventana de programación se muestra en la Figura 02.

Figura 02. Control de Puntos de Ajuste del horno mufla



- Producto 1 (OP1): Ésta opción muestra encendida la luz de alarma cuando el equipo esta en funcionamiento.
- Producto 2 (OP2): Ésta opción repone el encendido de luz de alarma cuando el equipo está en funcionamiento (Se apagará durante una situación de alarma).
- Temperatura: Muestra el valor de temperatura registrado dentro de la cámara interna del horno mufla.
- Pantalla: Superficie en la que se proyecta las opciones de programación.
- Pasar páginas: Botón que permite seleccionar una nueva lista de parámetros
- Botón de selección: Permite seleccionar un parámetro dentro de la lista de parámetros.
- Botón para Descender: Permite disminuir los valores de temperatura que se quiere programar.
- Botón para Ascender: Permite incrementar los valores de temperatura que se quiere programar.

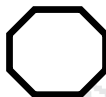
Se debe tener en cuenta por aspectos de seguridad del equipo así como del personal encargado del horno mufla los siguientes símbolos:



: Aviso; alerta posibilidad de lesión personal



: Superficie caliente; evitar el contacto directo durante el tiempo de funcionamiento, posibilidad de lesión personal



: Advertencia; hay posibilidad de daño al equipo



: Instalación eléctrica con Puesta a Tierra

Las características técnicas de funcionamiento del horno FB1410-M son iguales en comparación a los modelos FB1300 y FB1500 y en general para todos los modelos de la marca Thermolyne, pero son muy distintos a los hornos de marca Thelco que se encuentran en el laboratorio de Evaluación Nutricional de la E.P. de Ingeniería Agroindustrial, la diferencia entre ambos radica en que el horno Thelco posee un sistema de control análogo mientras que el horno FB1410-M tiene un control digital que permite una mayor precisión de incineración. El equipo adquirido es de funcionamiento práctico y sencillo, de fácil manipulación ya que cuenta con señales de alerta (símbolos) adheridas al equipo que indican claramente un sistema de prevención de daños tanto al equipo como a las personas.

4.2.1. DE LA EVALUACIÓN DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN

Para la evaluación de la transferencia de calor por conducción se utilizó la ley de Fourier ecuación (11).

$$q_x = -k A \frac{dT}{dx} \quad \text{Ec. (11)}$$

*El signo negativo en la ecuación expresa que el flujo de calor es siempre en el sentido de mayor a menor temperatura.

Donde:

q_x = Flujo de calor por conducción en la dirección x (W)

k = Conductividad térmica del material (W/m.K)

A = Área a través de la que fluye el calor (m²)

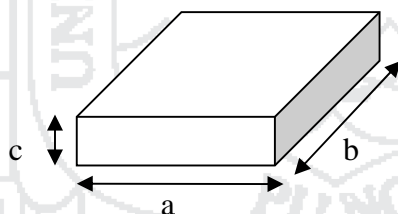
T = Temperatura (K)

x = Distancia (m)

La conductividad térmica (k) para el material de la placa de cerámica refractaria se obtiene de la tabla 03 del Anexo 13, siendo:

$$k = 0,17\text{W/m.K}$$

Para el cálculo del área (A) a través de la que fluye el calor se consideraron las dimensiones de la placa de cerámica refractaria que tiene la forma de un paralelepípedo y utilizando la ecuación (19).



Donde:

$$a = \text{Ancho} = 12,7\text{cm} (0,127\text{m})$$

$$b = \text{Largo} = 15,2\text{cm} (0,152\text{m})$$

$$c = \text{Altura} = 1,5\text{cm} (0,015\text{m})$$

Por lo tanto el área total (A) del paralelepípedo es:

$$A = 2(a + b)c + 2(a)(b) \quad \text{Ec. (19)}$$

Reemplazando los datos en la ecuación (19) se tiene:

$$A = 2(0,127m + 0,152m)(0,015m) + 2(0,127m)(0,152m)$$

$$A = 0,047m^2$$

Determinación de la gradiente de temperatura (dT); se toma en cuenta 600°C que es la temperatura de incineración en el horno mufla y 20°C que es la temperatura ambiental.

Convirtiendo grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$) a grados Kelvin (K) se obtiene:

$$600^{\circ}\text{C} = 873,2\text{K}$$

$$20^{\circ}\text{C} = 293,2\text{K}$$

Por lo tanto se tiene:

$$dT = 873,2\text{K} - 293,2\text{K}$$

$$dT = 580\text{K}$$

Determinación de la gradiente de la distancia (dx); es igual al espesor de la placa de cerámica refractaria = $1,5\text{ cm}$ ($0,015\text{m}$), de donde se tiene:

$$dx = 0\text{m} - 0,015\text{m}$$

$$dx = -0,015\text{m}$$

*El signo negativo nos indica que el calor está fluyendo de mayor a menor temperatura

Entonces reemplazando los datos en la ecuación (11) se tiene:

$$q_x = -k A \frac{dT}{dx}$$

$$q_x = -0,17 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}} (0,047\text{m}^2) \frac{580\text{K}}{-0,015\text{m}}$$

$$q_x = 308,95\text{W}$$

El resultado obtenido ($308,95\text{W}$) es menor a lo reportado por Gordillo y Acero (2001) que obtuvo $2761,64\text{Kcal/h}$ que convertido a Watts es igual a $3211,79\text{W}$. Esta diferencia se debe probablemente a factores como: el área del horno considerado que es mucho mayor (1m^2), la conductividad térmica del

refractario, la temperatura de trabajo (1200°C), la forma y tipo de mufla que en este caso es utilizado para el análisis de minerales.

4.2.2. DE LA EVALUACIÓN DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN

La transferencia de calor por convección se evaluó con la ecuación (12) siendo:

$$q = h A (T_w - T_b) \quad \text{Ec. (12)}$$

Donde:

q = Rapidez de calor transferido por convección (W)

A = Área de transferencia de calor (m²)

T_w = Temperatura general o media del fluido (K)

T_b = Temperatura de la pared en contacto con el fluido (K)

h = Coeficiente convectivo (W/m².K)

El cálculo del coeficiente convectivo de transferencia de calor (h) se determina mediante la siguiente Ecuación:

$$N_{Nu} = \frac{hL}{k} = \alpha \left(\frac{L^3 \rho^2 g \beta \Delta T C_p \mu}{\mu^2 k} \right)^m = \alpha (N_{Gr} N_{Pr})^m \quad \text{Ec. (20)}$$

Donde:

N_{Nu} = Número de Nusselt

h = Coeficiente convectivo de transferencia de calor (W/m².K)

L = Longitud de referencia de la superficie al fluido (m)

k = Conductividad térmica (W/m.K)

α y m = Constantes (Anexo 13, Tabla 02)

N_{Gr} = Número de Grashof (adimensional)

N_{Pr} = Número de Prandtl (adimensional)

= Densidad (Kg/m³)

μ = Viscosidad (Kg/m.s)

T = Diferencia positiva de temperaturas entre la pared y del fluido (K)

- C_p = Capacidad Calorífica (J/Kg.K)
 = Coeficiente volumétrico de expansión del fluido (1/K)
 g = Aceleración de la gravedad (9,80665 m/s²)

Todas estas propiedades físicas se evaluarán a temperatura de película:

$$T_f = \frac{(T_w + T_b)}{2} \quad \text{Ec. (21)}$$

Donde:

T_f = Temperatura de película (K)

T_w = Temperatura (K) de la superficie de cerámica refractaria en contacto con el fluido; se considera 600 °C (873,2K) que es la temperatura de incineración en el horno mufla.

T_b = Temperatura (K) del aire; se considera 20°C (293.2K) que es la temperatura del aire dentro de la cámara del horno mufla la cual es registrado por la termocupla.

Por lo tanto se tiene:

$$T_w = 873,2K$$

$$T_b = 293,2K$$

Reemplazando estos datos en la Ecuación (21) tenemos:

$$T_f = \frac{(873,2 K + 293,2 K)}{2} = 583,2 K$$

Entonces las propiedades físicas del aire a 583,2K se obtienen de la tabla 01 del Anexo 13, siendo:

$$= 0,594 \text{ Kg/m}^3$$

$$C_p = 1,0415 \text{ KJ/ Kg.K}$$

$$\mu = 2,96 \times 10^{-5} \text{ Kg/m.s}$$

$$k = 0,04571 \text{ W/m.K}$$

$$N_{Pr} = 0,673$$

$$= 1,67 \times 10^{-3} \text{ (1/K)}$$

El número de Grashof es:

$$N_{Gr} = \frac{L^3 \rho^2 g \beta \Delta T}{\mu^2} \quad \text{Ec. (22)}$$

Reemplazando datos en la ecuación (22) tenemos:

$$N_{Gr} = \frac{(0,152m)^3 (0,594 \frac{Kg}{m^3})^2 (9,80665 \frac{m}{s^2}) (1,67 \times 10^{-3})^{\frac{1}{K}} (873,2 - 293,2) K}{(2,96 \times 10^{-5} \frac{Kg}{m \cdot s})^2}$$

$$N_{Gr} = 1,339 \times 10^7$$

$$N_{Gr} \times N_{Pr} = (1,339 \times 10^7) \times (0,673)$$

$$N_{Gr} \times N_{Pr} = 0,9011 \times 10^7$$

Por lo tanto con este resultado ($0,9011 \times 10^7$) de la tabla 02 del Anexo 13 se obtiene los valores para α y m , siendo:

$$\alpha = 0,54 \quad \text{y} \quad m = 1/4$$

A partir de la ecuación (20) se obtiene:

$$N_{Nu} = \alpha (N_{Gr} \times N_{Pr})^m$$

$$N_{Nu} = 0,54 (0,9011 \times 10^7)^{\frac{1}{4}}$$

$$N_{Nu} = 29,586$$

De la misma ecuación (20) se tiene:

$$N_{Nu} = \frac{hL}{k}$$

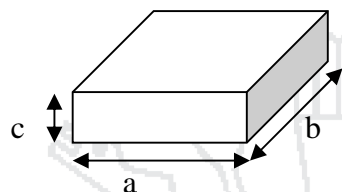
Despejando h se tiene:

$$h = \frac{N_{Nu} \cdot k}{L}$$

$$h = \frac{29,586 \times 0,04571 \frac{W}{m \cdot K}}{0,152m}$$

$$h = 8,897 W/m^2 \cdot K$$

Para el cálculo del área total (A) de transferencia de calor se consideraron las dimensiones de la placa de cerámica refractaria (paralelepípedo) y utilizando la misma ecuación (19).



Donde:

$$a = \text{Ancho} = 12,7\text{cm} (0,127\text{m})$$

$$b = \text{Largo} = 15,2\text{cm} (0,152\text{m})$$

$$c = \text{Altura} = 1,5\text{cm} (0,015\text{m})$$

Reemplazando los datos en la ecuación (19) se tiene:

$$A = 2(a + b)c + 2(a)(b)$$

$$A = 2(0,127\text{m} + 0,152\text{m})(0,015\text{m}) + 2(0,127\text{m})(0,152\text{m})$$

$$A = 0,047\text{m}^2$$

Finalmente reemplazando datos en la ecuación (12), la velocidad de transferencia de calor por convección (q) es:

$$q = hA(T_w - T_b)$$

$$q = 8,897 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \times 0,047\text{m}^2 (873,2 - 293,2)\text{K}$$

$$q = 242,53\text{W}$$

El resultado obtenido es menor en comparación a lo reportado por Apaza y Tintaya (2003) que obtuvo 1655,32Kcal/h que convertido a Watts es igual a 1925,14W. Esta diferencia se debe probablemente a diversos factores como son: el área del horno considerado que es mucho mayor ($2,10\text{m}^2$), la conductividad térmica del refractario utilizado, la temperatura de trabajo (1200°C), la forma y tipo de mufla que en este caso es utilizado para el análisis de minerales y cerámicas.

4.2.3. DE LA EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL HORNO MUFLA

La eficiencia térmica representa la proporción del calor suministrado que es aprovechado para la incineración.

Para la evaluación de la eficiencia térmica del horno mufla se utilizó la ecuación (13).

$$\eta_{\text{térmica}} = \frac{\text{Trabajo Neto de Salida}}{\text{Calor de Entrada}} = \frac{|W|}{|Q_H|} \quad \text{Ec. (13)}$$

Aplicando la primera ley de la termodinámica:

$$|W| = |Q_H| - |Q_C| \quad \text{Ec. (23)}$$

Donde:

W = Trabajo Neto

Q_H = Calor de Entrada

Q_C = Calor de Salida

Reemplazando la ecuación (23) en la ecuación (13) se tiene:

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{|Q_H| - |Q_C|}{|Q_H|} \\ \eta &= \frac{|Q_H|}{|Q_H|} - \frac{|Q_C|}{|Q_H|} \\ \eta &= 1 - \frac{|Q_C|}{|Q_H|} \quad \text{Ec. (24)} \end{aligned}$$

Siendo:

Q_H = 600 °C (873,2K) que es igual al calor de entrada, caliente (temperatura de incineración en el horno mufla).

Q_C = 20°C (293.2K) que es igual al calor de salida, frio (temperatura del horno mufla cuando esta frio).

Reemplazando los datos en la ecuación (24) se tiene:

$$\eta = 1 - \frac{293,2K}{873,2K}$$

$$\eta = 0,6642$$

$$\eta = 66,42\%$$

El resultado obtenido presenta mayor valor de eficiencia térmica en comparación a los valores encontrados por Mencia, Yamal y Quero (2003) los cuales evaluaron cuatro hornos que producen vidrio fundido cuyas eficiencias fueron: 20,63%; 21,05%; 42,19% y 28,66%, esto puede deberse a las pérdidas de energía y calor que se presentan por las paredes del horno al ambiente y que éstos han estado en funcionamiento permanente durante años por lo que resultan menos eficientes, mientras que la eficiencia del horno mufla Thermolyne es alta debido a que es un equipo nuevo recién adquirido.

4.3. DE LA DETERMINACION DE CENIZAS TOTALES DE CINCO VARIEDADES DE QUINUA

4.3.1. EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE INCINERACION EN LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CENIZAS TOTALES

A) Efecto del tiempo de incineración a temperatura de 500°C en el contenido de cenizas totales en cinco variedades de quinua

Los resultados obtenidos del porcentaje de cenizas totales muestran un rango de 3,2784 a 3,1454% en la variedad Pasankalla; 3,1444 a 2,9817% en la variedad Illpa INIA; 3,2177 a 3,0824% en la variedad Kancolla; 3,2346 a 3,0865% en la variedad Blanca de Juli; 2,8853 a 2,7934% en la variedad Salcedo INIA (Cuadro 13) los cuales se encuentran dentro de los rangos obtenidos por Repo-Carrasco (1992) que reporta de 2,22 a 9,80% de cenizas de grano de quinua, pero fueron menores a los reportados por Tapia *et al* (1979) que obtuvo 3,36% de cenizas en quinua en general, ésta diferencia se debe a las condiciones de cultivo, el estado de madurez, la variedad botánica,

la fecha de recolección, la fertilidad y tipo de suelo y el sub siguiente almacenamiento que son factores que pueden modificar estos valores (Collazos, 1996). Por otro lado se debe tener en cuenta la temperatura y tiempos de incineración al cual se trabajó, no son las suficientes para su calcinación completa ya que las muestras no presentan las características deseadas en éstos parámetros.

Los resultados obtenidos en la variedad Kancolla de 3,2177 a 3,0824% son ligeramente mayores a los obtenidos por Borda y Gamarra (2002) que obtuvo 3,03%, asimismo relativamente mayores a los reportados por Choquehuanca (1998) que obtuvo 2,40%. Para la variedad Blanca de Juli se tiene 3,2346 a 3,0865% que son ligeramente menores a los reportados por Collazos (1996) que obtuvo 3,50% para esta variedad y asimismo menores a los obtenidos por Tellería (1977) que reporta 3,80%, los resultados obtenidos para las variedades Pasankalla, Illpa INIA y Salcedo INIA se muestran en el Cuadro 13 para las cuales no se encontraron los antecedentes respectivos

Cuadro 13. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido de cenizas totales de cinco variedades de quinua

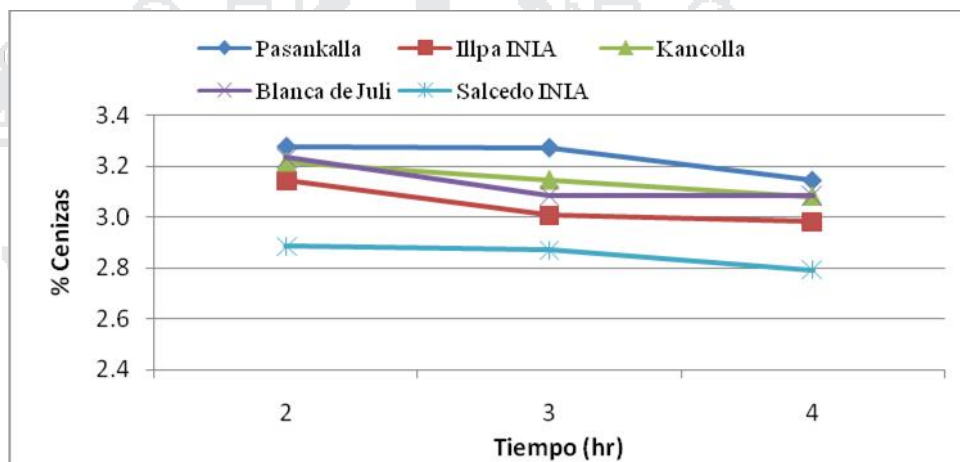
Variedad	% Cenizas Totales		
	2 hr	3 hr	4 hr
Pasankalla	3,2784	3,2739	3,1454
Illpa INIA	3,1444	3,0080	2,9817
Kancolla	3,2177	3,1468	3,0824
Blanca de Juli	3,2346	3,0881	3,0865
Salcedo INIA	2,8853	2,8707	2,7934

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 03, se muestra que existe una tendencia decreciente del contenido de cenizas para cada una de las cinco variedades de quinua esto significa que a medida que aumenta el tiempo de incineración el porcentaje de cenizas disminuye, la razón de esta disminución se debe a que en tiempo de incineración de 2 hr la materia orgánica de la quinua no se ha calcinado por completo observándose las cenizas de color gris oscuro, en tiempo de

incineración de 3 hr la materia orgánica de la quinua se reduce observándose una pequeña diferencia en cuanto al color de las cenizas y en tiempo de incineración de 4 hr se presenta esta disminución debido a que ya se ha consumido la mayor parte de la materia orgánica, en conclusión se puede decir que a 500°C a los tiempos evaluados la materia orgánica aun no se ha calcinado por completo.

Figura 03. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido de cenizas totales de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

B) Efecto del tiempo de incineración a temperatura de 550°C en el contenido de cenizas totales de cinco variedades de quinua

Los resultados obtenidos del porcentaje de cenizas totales muestran un rango de 3,2429 a 3,0056% en la variedad Pasankalla; 3,0708 a 2,7841% en la variedad Illpa INIA; 3,2125 a 3,0694% en la variedad Kancolla; 3,1989 a 2,9736% en la variedad Blanca de Juli; 2,7877 a 2,7082% en la variedad Salcedo INIA (Cuadro 14) los cuales se encuentran dentro de los rangos obtenidos por Repo-Carrasco (1992) que reporta de 2,22 a 9,80% pero fueron menores a los reportados por Tapia *et al* (1979) que obtuvo 3,36%, también se observa que los resultados se encuentran dentro de los rangos reportados por Junge (1995) que obtuvo 3,0 a 3,6% y son ligeramente menores en las

demás variedades, ésta diferencia se debe a las condiciones de cultivo, el estado de madurez, la variedad botánica, la fecha de recolección, la fertilidad y tipo de suelo y el sub siguiente almacenamiento que son factores que pueden modificar estos valores (Collazos, 1996). Por otro lado se debe tener en cuenta la temperatura y tiempos de incineración al cual se trabajó, no son las suficientes para su calcinación completa ya que las muestras no presentan las características deseadas en éstos parámetros.

Los resultados obtenidos en la variedad Kancolla de 3,2125 a 3,0694% son ligeramente mayores a los obtenidos por Borda y Gamarra (2002) que obtuvo 3,03%, asimismo relativamente mayores a los reportados por Choquehuanca (1998) que obtuvo 2,40%. Para la variedad Blanca de Juli se tiene 3,1989 a 2,9736% que son menores a los reportados por Collazos (1996) que obtuvo 3,50% y asimismo menores a los obtenidos por Tellería (1977) que reporta 3,80%, en ambos casos. Los resultados obtenidos para las variedades Pasankalla, Illpa INIA y Salcedo INIA se muestran en el Cuadro 14 para las cuales no se encontraron los antecedentes respectivos.

Cuadro 14. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido de cenizas totales de cinco variedades de quinua

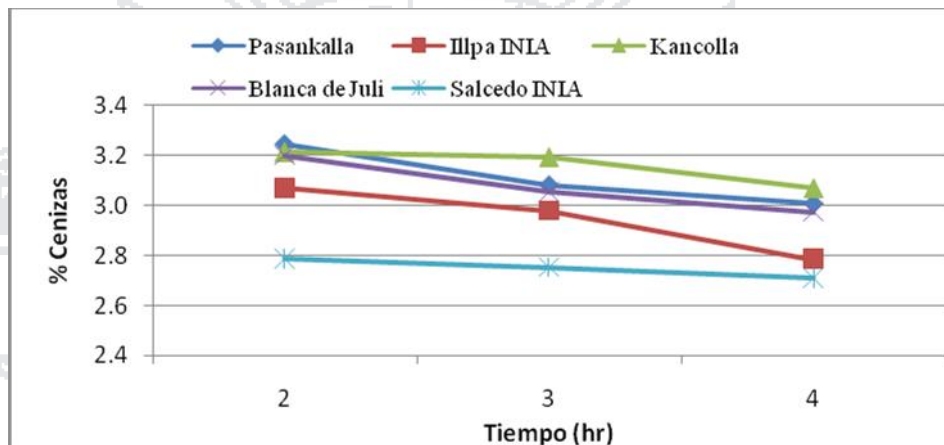
Variedad	% Cenizas Totales		
	2 hr	3 hr	4 hr
Pasankalla	3,2429	3,0795	3,0056
Illpa INIA	3,0708	2,9779	2,7841
Kancolla	3,2125	3,1915	3,0694
Blanca de Juli	3,1989	3,0530	2,9736
Salcedo INIA	2,7877	2,7520	2,7082

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 04, se muestra que existe una tendencia decreciente del contenido de cenizas para cada una de las cinco variedades de quinua esto quiere decir que a medida que aumenta el tiempo de incineración el porcentaje de cenizas disminuye, la razón de esta disminución se debe a que en tiempo de incineración de 2 hr la materia orgánica no se ha calcinado por completo observándose las cenizas de color gris oscuro, en tiempo de

incineración de 3 hr la materia orgánica se consume un poco mas observándose una pequeña diferencia en cuanto al color de las cenizas y en tiempo de incineración de 4 hr se presenta esta disminución debido a que ya se ha consumido la mayor parte de la materia orgánica.

Figura 04. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido de cenizas totales de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

C) Efecto del tiempo de incineración a temperatura de 600°C en el contenido de cenizas totales de cinco variedades de quinua

Los resultados obtenidos del porcentaje de cenizas totales muestran un rango de 3,0583 a 2,9460% en la variedad Pasankalla; 2,9869 a 2,7868% en la variedad Illpa INIA; 2,9838 a 2,7953% en la variedad Kancolla; 3,0285 a 2,7816% en la variedad Blanca de Juli; 2,7128 a 2,4553% en la variedad Salcedo INIA (Cuadro 15) los cuales se encuentran dentro de los rangos obtenidos por Repo-Carrasco (1992) que reporta de 2,22 a 9,80% pero fueron menores a los reportados por Tapia *et al* (1979) que obtuvo 3,36%, también se observa que los resultados son ligeramente menores a los rangos reportados por Junge (1995) que obtuvo 3,0 a 3,6%, ésta diferencia se debe a las condiciones de cultivo, el estado de madurez, la variedad botánica, la fecha de recolección, la fertilidad y tipo de suelo y el sub siguiente

almacenamiento que son factores que pueden modificar estos valores (Collazos, 1996). Por otro lado se debe tener en cuenta la temperatura y tiempos de incineración al cual se trabajó, presentándose a 600°C y 4 hr las mejores características en las cenizas.

Los resultados obtenidos en la variedad Kancolla de 2,9838 a 2,7953% son ligeramente menores a los obtenidos por Borda y Gamarra (2002) que obtuvo 3,03%, pero relativamente mayores a los reportados por Choquehuanca (1998) que obtuvo 2,40%. Para la variedad Blanca de Juli se tiene 3,0285 a 2,7816% que son ligeramente menores a los reportados por Collazos (1996) que obtuvo 3,50% y asimismo menores a los obtenidos por Tellería (1977) que reporta 3,80%, en ambos casos ésta diferencia se debe probablemente a las condiciones de cultivo, el estado de madurez, la fecha de recolección, la fertilidad y tipo de suelo y el sub siguiente almacenamiento que son factores que pueden modificar estos valores (Collazos, 1996). Los resultados para las variedades Pasankalla, Illpa INIA y Salcedo INIA se observan en el Cuadro 15 para las cuales no se encontraron los antecedentes respectivos.

Cuadro 15. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido de cenizas totales de cinco variedades de quinua

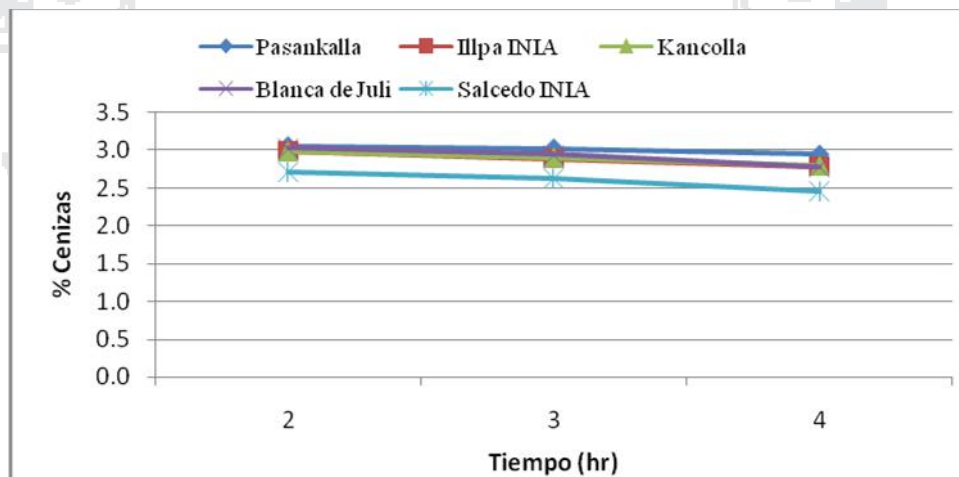
Variedad	% Cenizas Totales		
	2 hr	3 hr	4 hr
Pasankalla	3,0583	3,0263	2,9460
Illpa INIA	2,9869	2,8820	2,7868
Kancolla	2,9838	2,9027	2,7953
Blanca de Juli	3,0285	2,9409	2,7816
Salcedo INIA	2,7128	2,6250	2,4553

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 05, se muestra que existe una tendencia decreciente del contenido de cenizas para cada una de las cinco variedades de quinua esto significa que a medida que aumenta el tiempo de incineración el porcentaje de cenizas disminuye, la razón de esta disminución se debe a que en tiempo de incineración de 2 hr la materia orgánica de la quinua no se ha calcinado

por completo observándose las cenizas de color gris oscuro, en tiempo de incineración de 3 hr la materia orgánica de la quinua se reduce observándose una diferencia en cuanto al color de las cenizas y en tiempo de incineración de 4 hr se observa este residuo de color uniforme, blanco-gris, libre de partículas sin calcinar o grumos de carbono que son las características óptimas de cenizas. Cabe mencionar también que durante ésta etapa se ha encontrado el parámetro óptimo de incineración de ser sometido a mayores temperaturas algunos elementos o componentes pueden volatilizarse.

Figura 05. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido de cenizas totales de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

4.3.2. EFECTO DE LA VARIEDAD DE GRANO EN EL CONTENIDO DE CENIZAS TOTALES DE CINCO VARIEDADES DE QUINUA

En el Anexo 06 se observa los resultados del contenido de cenizas para las cinco variedades de quinua que están considerados como bloques, de donde se obtienen los promedios para cada uno de los bloques (\bar{x} bloques).

El contenido de cenizas del grano de quinua se muestran en el Cuadro 16 donde se puede observar que el porcentaje de cenizas es distinto para cada variedad así tenemos en la variedad Pasankalla 3,1174% que presenta el valor más alto en comparación a las otras variedades, siendo en la variedad Salcedo INIA el valor mas bajo con 2,7323%, los cuales se encuentran dentro de los

rangos obtenidos por Repo-Carrasco (1992) que reporta de 2,22 a 9,80% pero fueron menores a los reportados por Tapia *et al* (1979) que obtuvo 3,36%, se observa que los resultados de la variedad Pasankalla, Kancolla y Blanca de Juli se encuentran dentro de los rangos reportados por Junge (1995) que obtuvo 3,0 a 3,6% pero son ligeramente menores en las variedades Illpa INIA y Salcedo INIA; el resultado obtenido en la variedad Kancolla de 3,0669% es ligeramente mayor a los obtenidos por Borda y Gamarra (2002) que obtuvo 3,03%, pero relativamente mayor a lo reportado por Choquehuanca (1998) que obtuvo 2,40%. Para la variedad Blanca de Juli se tiene 3,0429% que es menor a lo reportado por Collazos (1996) que obtuvo 3,50% y asimismo menor a lo obtenido por Tellería (1977) que reporta 3,80%; ésta diferencia de la variación en la composición química se debe probablemente a la variedad genética, la edad de maduración de la planta, la localización del cultivo y la fertilidad del suelo (Repo – Carrasco, 1992).

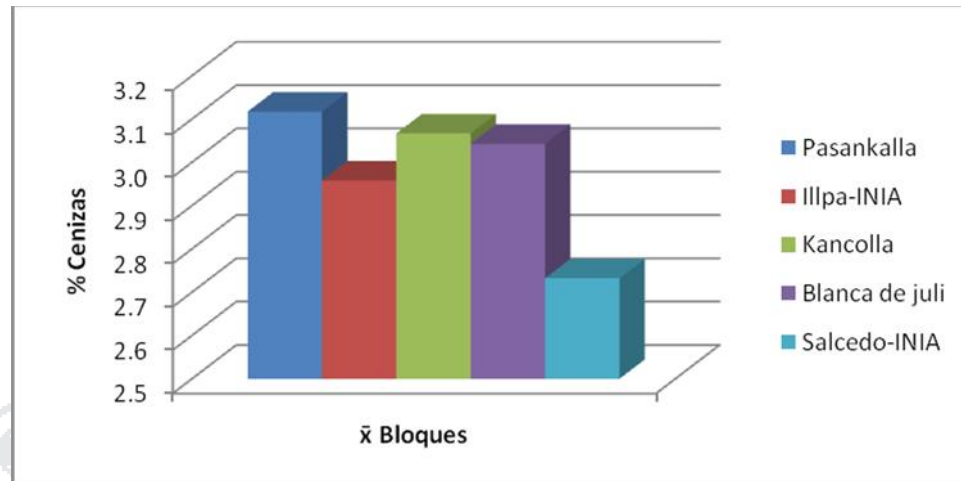
Cuadro 16. Efecto de la variedad de grano en el contenido de cenizas totales de cinco variedades de quinua

Variedad	% Cenizas
	\bar{x} Bloques
Pasankalla	3,1174
Illpa-INIA	2,9581
Kancolla	3,0669
Blanca de juli	3,0429
Salcedo-INIA	2,7323

Fuente: Elaboración propia

En la figura 06 se observa que el porcentaje de cenizas varía para cada variedad, se observa que va disminuyendo progresivamente presentando el valor mas alto en la variedad Pasankalla y el valor mas bajo en la variedad Salcedo INIA esto debido probablemente a la estructura interna de la composición química en cada variedad.

Figura 06. Efecto de la variedad de grano en el contenido de cenizas totales de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 06, se muestran los resultados de la determinación del contenido de cenizas totales obtenidos para las cinco variedades de quinua, con niveles de temperatura (500, 550 y 600°C) y tiempo (2, 3 y 4 horas) y considerando como bloques a las cinco variedades de quinua, donde se obtienen un total de 45 tratamientos que se utilizan para el análisis estadístico.

En el Cuadro 17, se muestra el análisis de varianza (ANVA) para el contenido de cenizas totales en donde se observa que los resultados de los efectos principales a un nivel de $P < 0.05$ resultaron significativos para todos los factores (bloques, temperatura y tiempo) excepto para la interacción (temperatura x tiempo) lo que quiere decir para la determinación del contenido de cenizas totales los factores tiempo y temperatura son independientes. Entonces el contenido de cenizas totales varía como consecuencia de los niveles de temperatura y tiempo de incineración así como en las variedades expresadas como bloques.

Cuadro 17: Análisis de Varianza (ANVA) para el Contenido de Cenizas

Totales en Cinco Variedades de Quinua

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Pr>F	Signific.
Bloques	4	0.82999978	0.20749994	86.12	<.0001	*
Temperatura (A)	2	0.38102031	0.19051016	79.07	<.0001	*
Tiempo (B)	2	0.23452778	0.11726389	48.67	<.0001	*
A x B	4	0.00823542	0.00205886	0.85	0.5016	n.s.
Error Exptal.	32	0.07709782	0.00240931			
Total	44	1.53088111				

R - cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media
0.949638	1.645174	0.049085	2.983556

En el Cuadro 18, se muestran las comparaciones múltiples de Duncan para los bloques (variedades) a un nivel de $P = 0.05$ donde se alcanzó para el bloque P (Pasankalla) el promedio más alto de 3.11733% de cenizas que difiere estadísticamente de las otras variedades, mientras que los bloques K (Kancolla) con 3,06700% y B (Blanca de Juli) con 3,04311% no difieren estadísticamente, se observa también que los bloques I (Illpa INIA) con 2,95811% y S (Salcedo INIA) con 2.73222% difieren estadísticamente, encontrándose con menor porcentaje de cenizas el bloque S (Salcedo INIA) que obtuvo un promedio de 2.73222%.

Cuadro 18. Prueba de Comparaciones Múltiples de Duncan para los Bloques (variedades) sobre el Contenido de Cenizas Totales

Duncan (P 0.05)	Media	Numero de Observaciones	BLOQUES
A	3.11733	9	P
B	3.06700	9	K
B	3.04311	9	B
C	2.95811	9	I
D	2.73222	9	S

En el Cuadro 19, se muestran las comparaciones múltiples de Duncan para los niveles de temperatura a un nivel de $P = 0.05$, donde se observan que difieren estadísticamente entre las temperaturas de incineración, teniéndose 3,08247%

a temperatura de 500°C; 3,00733% a temperatura de 550°C y 2,86087% de cenizas a 600°C respectivamente, esto significa que a medida que aumenta la temperatura el porcentaje de cenizas disminuye, en cada una de estas temperaturas no hay similitud en el contenido de cenizas, es decir que varía con cada nivel de temperatura, obteniéndose los mejores resultados del contenido de cenizas a temperatura de 600°C con un promedio de 2,86087%.

Cuadro 19. Prueba de Comparaciones Múltiples de Duncan para las Temperaturas sobre el Contenido de Cenizas Totales

Duncan (P 0.05)	Media	Numero de Observaciones	TEMPERATURA
A	3.08247	15	500
B	3.00733	15	550
C	2.86087	15	600

En el Cuadro 20, se muestran las comparaciones múltiples de Duncan para los niveles de tiempo a un nivel de P 0.05, donde se observan que difieren estadísticamente entre los tiempos de incineración, teniéndose 3,06967% en tiempo de 2 hr; 2,98800% en tiempo de 3 hr y 2,89300% de cenizas en tiempo de 4 hr respectivamente, esto significa que a medida que aumenta el tiempo el porcentaje de cenizas disminuye, en cada nivel de tiempo no hay similitud en el contenido de cenizas, es decir que varía con cada uno de los tiempos, obteniéndose los mejores resultados del contenido de cenizas en tiempo de 4 hr con un promedio de 2,89300%.

Cuadro 20. Prueba de Comparaciones Múltiples de Duncan para los Tiempos sobre el Contenido de Cenizas Totales

Duncan (P 0.05)	Media	Numero de Observaciones	TIEMPO
A	3.06967	15	2
B	2.98800	15	3
C	2.89300	15	4

4.4. DE LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES EN AGUA

4.4.1 EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE INCINERACION EN LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES EN AGUA

A) Efecto del tiempo de incineración a temperatura de 500°C en el contenido de cenizas solubles en agua de cinco variedades de quinua

Los resultados del contenido de cenizas solubles en agua son obtenidos por diferencia de peso entre las cenizas totales y las cenizas insolubles en agua. El contenido de cenizas solubles en agua se muestra en el Cuadro 21, donde se observan rangos de 2,1942 a 2,1572% en la variedad Pasankalla; 2,1086 a 2,0867% en la variedad Illpa INIA; 2,0236 a 1,9526% en la variedad Kancolla; 2,0548 a 1,9293% en la variedad Blanca de Juli; 1,9952 a 1,8860% en la variedad Salcedo INIA, presentando el valor mas alto la variedad Pasankalla (2,1942%) en 2hr y el valor mas bajo en la variedad Salcedo INIA (1,8860%) en 4hr, estos valores son superiores a los encontrados por Nielsen (1994) que reporta para la jalea de durazno 0,49%, de piña 0,43% y de fresa 0,46%, cabe mencionar que ésta diferencia se debe a que la composición química de la quinua es diferente a la de las frutas y que se hace una simple comparación de la quinua tomando como referencia el contenido de cenizas solubles en agua de las frutas, ya que no se encontraron antecedentes de este tipo de análisis para la quinua y sus variedades. Un bajo contenido de cenizas solubles en agua es indicio de que el material original ha sufrido una extracción como por ejemplo en el jengibre agotado y en el té consumido Pearson (1998). En el té por lo menos la mitad debe ser hidrosoluble (www.unne.edu.ar, 2006), se puede mencionar que los azúcares provenientes de las frutas son solubles en agua y cuando se elaboran productos derivados de éstas como mermeladas y otros.

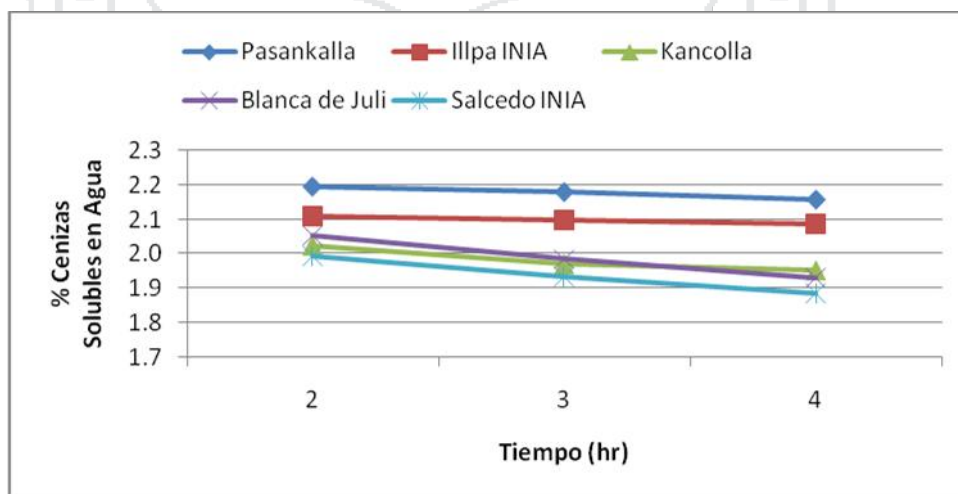
Cuadro 21. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido de cenizas solubles en agua de cinco variedades de quinua

Variedad	% Cenizas Solubles en Agua		
	2 hr	3 hr	4 hr
Pasankalla	2,1942	2,1790	2,1572
Illpa INIA	2,1086	2,0968	2,0867
Kancolla	2,0236	1,9699	1,9526
Blanca de Juli	2,0548	1,9848	1,9293
Salcedo INIA	1,9952	1,9340	1,8860

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 07, se observa que existe una tendencia decreciente en el porcentaje de cenizas solubles en agua, donde a medida que se incrementan los tiempos el contenido de cenizas solubles en agua disminuye, presentándose similares comportamientos en las cinco variedades y encontrándose los valores más altos en la variedad Pasankalla respecto a las demás variedades y los valores mas bajos en la variedad Salcedo INIA, así como también se observa que en tiempo de 2 hr presentan los valores mas altos y en tiempo de 4 hr los valores mas bajos para cada variedad.

Figura 07. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido de cenizas solubles en agua de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

B) Efecto del tiempo de incineración a temperatura de 550°C en el contenido de cenizas solubles en agua de cinco variedades de quinua

En el Cuadro 22 se muestran los resultados del contenido de cenizas solubles en agua, donde se puede observar que el contenido de cenizas solubles en agua disminuye para cada variedad presentado rangos de 2,0950 a 2,0087% en la variedad Pasankalla; 2,1057 a 1,9915% en la variedad Illpa INIA; 2,1574 a 1,9844% en la variedad Kancolla; 2,1055 a 1,9677% en la variedad Blanca de Juli y 1,9208 a 1,8389% en la variedad Salcedo INIA, se presenta el valor mas alto en la variedad Kancolla (2,1574 %) en 2hr y el valor mas bajo en la variedad Salcedo INIA (1,8389%) en 4hr, estos valores son superiores a los encontrados por Nielsen (1994) que reporta para la jalea de durazno 0,49%, de piña 0,43% y de fresa 0,46%, se debe mencionar que ésta diferencia se da debido a que la composición química de la quinua es diferente al de las frutas y que se hace una simple comparación de la quinua tomando como referencia el contenido de cenizas solubles en agua de las frutas, ya que no se encontraron antecedentes de este tipo de análisis para la quinua y sus variedades.

Cuadro 22. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido de cenizas solubles en agua de cinco variedades de quinua

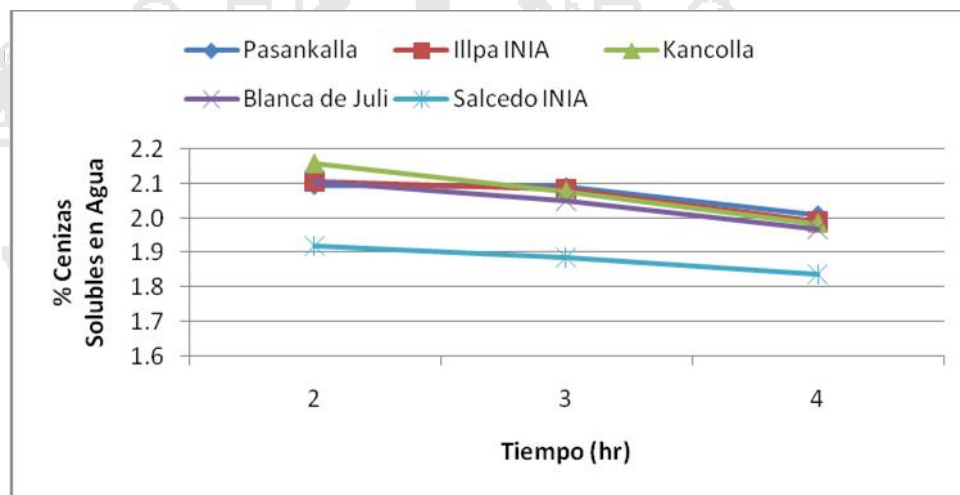
Variedad	% Cenizas Solubles en Agua		
	2 hr	3 hr	4 hr
Pasankalla	2,0950	2,0897	2,0087
Illpa INIA	2,1057	2,0837	1,9915
Kancolla	2,1574	2,0770	1,9844
Blanca de Juli	2,1055	2,0492	1,9677
Salcedo INIA	1,9208	1,8866	1,8389

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 08, se observa que a medida que aumenta el tiempo y a 550°C de temperatura el contenido de cenizas solubles en agua disminuye, es decir en 2hr se tienen los valores mas altos, en 3hr va disminuyendo y en 4hr se tienen

los valores mas bajos respectivamente para cada variedad, encontrándose los valores mas bajos en la variedad Salcedo INIA con respecto a los demás, esta variación se debe probablemente al hecho de que como se tomaron muestras del contenido de cenizas totales para la obtención del contenido de cenizas solubles en agua se presentó en el contenido de cenizas totales diferentes resultados que tienen una tendencia decreciente en 2, 3 y 4hr.

Figura 08. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido de cenizas solubles en agua de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

C) Efecto del tiempo de incineración a temperatura de 600°C en el contenido de cenizas solubles en agua de cinco variedades de quinua

Los resultados obtenidos del contenido de cenizas solubles en agua se muestra en el Cuadro 23, donde se muestran los rangos para cada variedad, siendo: en la variedad Pasankalla de 2,0452 a 1,9921%; en la variedad Illpa INIA de 2,0654 a 1,9313%; en la variedad Kancolla de 1,9968 a 1,9586%; en la variedad Blanca de Juli 1,9888 a 1,9298%; en la variedad Salcedo INIA 1,8086 a 1,6521%, observándose el máximo valor en 2hr en la variedad Illpa INIA con 2,0654% y el valor mínimo en 4hr en la variedad Salcedo INIA con 1,6521%, estos valores son superiores a los encontrados por Nielsen (1994)

que indican para la jalea de durazno 0,49%, de piña 0,43% y de fresa 0,46%, cabe mencionar que ésta diferencia se debe a que la composición química de la quinua es diferente a la de las frutas y que se hace una simple comparación de la quinua tomando como referencia el contenido de cenizas solubles en agua de las frutas, ya que no se encontraron antecedentes de este tipo de análisis para la quinua y sus variedades. Un bajo contenido de cenizas solubles en agua es indicio de que el material original ha sufrido una extracción como por ejemplo en el jengibre agotado y en el té consumido Pearson (1998). En el té por lo menos la mitad debe ser hidrosoluble (www.unne.edu.ar, 2006), cabe indicar que en éste parámetro de temperatura se han obtenido los mejores resultados con respecto a los dos parámetros anteriores ya que éstos resultados son obtenidos del contenido de cenizas totales en donde en éste parámetro se obtuvieron los resultados óptimos.

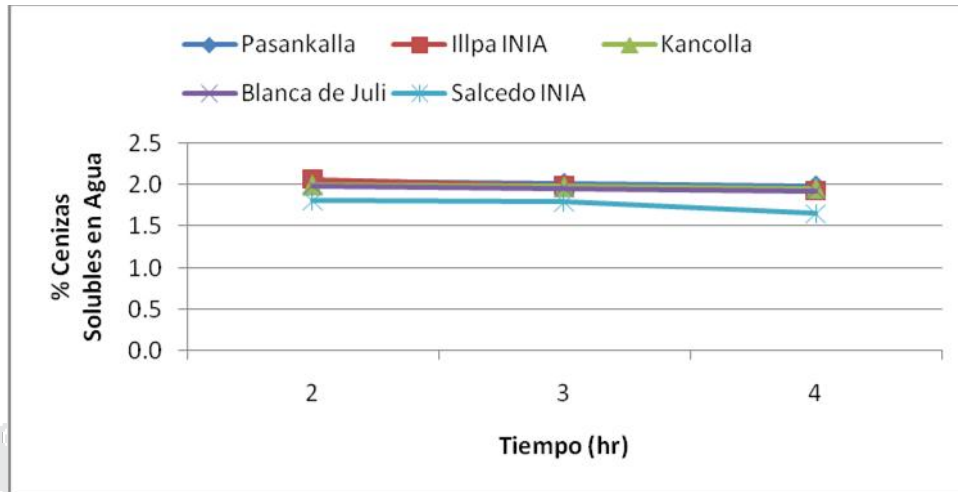
Cuadro 23. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido de cenizas solubles en agua de cinco variedades de quinua

Variedad	% Cenizas Solubles en Agua		
	2 hr	3 hr	4 hr
Pasankalla	2,0452	2,0208	1,9921
Illpa INIA	2,0654	1,9886	1,9313
Kancolla	1,9968	1,9779	1,9586
Blanca de Juli	1,9888	1,9662	1,9298
Salcedo INIA	1,8086	1,7954	1,6521

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 09, se observa que existe una ligera disminución en el porcentaje de cenizas solubles en agua, donde a medida que se incrementan los tiempos 2hr, 3hr y 4hr el contenido de cenizas solubles en agua disminuye, mostrando similares comportamientos para cada una de las variedades, encontrándose ligeramente valores más altos en la variedad Pasankalla respecto a las demás variedades y mostrando los valores mas bajos en la variedad Salcedo INIA.

Figura 09. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido de cenizas solubles en agua de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

4.4.2. EFECTO DE LA VARIEDAD DE GRANO EN EL CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES EN AGUA DE CINCO VARIEDADES DE QUINUA

En el Anexo 08, se observan los resultados del contenido de cenizas solubles en agua para las cinco variedades de quinua las que están consideradas como los bloques, donde se obtienen los resultados de los promedios para cada uno de los bloques (\bar{x} bloques).

En el cuadro 24, se muestra el porcentaje de cenizas solubles en agua, donde se observa que el contenido de cenizas difiere para cada variedad así tenemos en la variedad Pasankalla 2,0869% que presenta el valor más alto en comparación a las otras variedades, siendo en la variedad Salcedo INIA el valor mas bajo con 1,8575%, esto debido probablemente a la composición química de cada variedad de grano ya que el contenido de azúcares en la variedad Pasankalla es mayor y en la variedad Salcedo INIA es menor, esto se basa en que los azúcares provenientes de las frutas u otros productos son solubles en agua (www.unne.edu.ar, 2006).

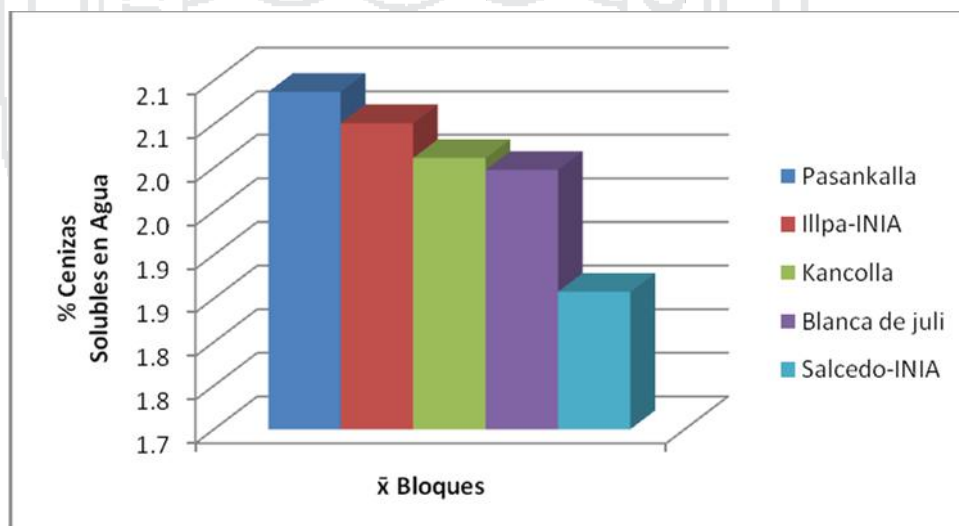
Cuadro 24. Efecto de la variedad de grano en el contenido de cenizas solubles en agua de cinco variedades de quinua

Variedad	% Cenizas Solubles en Agua	
	\bar{x} Bloques	
Pasankalla	2,0869	
Illpa-INIA	2,0509	
Kancolla	2,0109	
Blanca de juli	1,9973	
Salcedo-INIA	1,8575	

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 10 se muestra de forma comparativa el contenido de cenizas solubles en agua para cada una de las variedades, estos resultados muestran una variación decreciente desde la variedad Pasankalla (2,0869%) que presenta el mayor porcentaje de cenizas solubles en agua hasta la variedad Salcedo INIA (1,8575%) que presenta el menor porcentaje, se observa una ligera variación en las variedades Pasankalla, Illpa INIA, Kancolla y Blanca de Juli sin embargo varía considerablemente en la variedad Salcedo INIA.

Figura 10. Efecto de la variedad de grano en el contenido de cenizas solubles en agua de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 08, se muestran los resultados obtenidos de la determinación del contenido de cenizas solubles en agua para las cinco variedades de quinua, con niveles de temperatura (500, 550y 600°C) y tiempo (2, 3 y 4 horas) y considerando como bloques a las cinco variedades de quinua, de aquí se obtienen los resultados para su análisis estadístico.

En el Cuadro 25, se muestra el análisis de varianza en donde se observa que los resultados de los efectos principales a un nivel de $P = 0.05$ resultaron con diferencia significativa para todos los factores (bloque, temperatura y tiempo) excepto para la interacción (temperatura x tiempo). Entonces esto quiere decir que el contenido de cenizas solubles en agua varía como consecuencia de los niveles de temperatura y tiempo así como también en las variedades mas no así para la interacción que se consideran como factores independientes.

Cuadro 25: Análisis de Varianza (ANVA) para el Contenido de Cenizas Solubles en Agua en Cinco Variedades de Quinua

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Pr>F	Signific.
Bloques	4	0.27519098	0.06879774	30.63	<.0001	*
Temperatura (A)	2	0.08112693	0.04056347	18.06	<.0001	*
Tiempo (B)	2	0.06603213	0.03301607	14.70	<.0001	*
A x B	4	0.00386773	0.00096693	0.43	0.7855	n.s.
Error Exptal.	32	0.07187742	0.00224617			
Total	44	0.49809520				

R - cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media
0.855695	2.368741	0.047394	2.000800

En el Cuadro 26, se muestran las comparaciones múltiples de Duncan para los bloques (variedades) a un nivel de $P = 0.05$ donde se obtuvo para el bloque P (Pasankalla) el promedio mas alto de 2,08689% y el bloque I (Illpa INIA) con 2,05111% que no difieren estadísticamente, asimismo el bloque I (Illpa INIA)y el bloque K (Kancolla) no difieren estadísticamente, se observa también que los bloques K (Kancolla) con 2,01100% y B (Blanca de Juli) con 1,99744% no difieren estadísticamente, siendo el bloque S (Salcedo INIA) el

que obtuvo el menor porcentaje de cenizas solubles en agua con un promedio de 1,85756% que difiere estadísticamente de las demás variedades.

Cuadro 26. Comparaciones Múltiples de Duncan para los Bloques (variedades) sobre el Contenido de Cenizas Solubles en Agua

Duncan (P 0.05)	Media	Numero de Observaciones	BLOQUES
A	2.08689	9	P
AB	2.05111	9	I
BC	2.01100	9	K
C	1.99744	9	B
D	1.85756	9	S

En el Cuadro 27, se muestran las comparaciones múltiples de Duncan para los niveles de temperatura a un nivel de $P = 0.05$, donde se observa que las temperaturas de 500 y 550°C no difieren estadísticamente, mientras que la temperatura de 600°C donde se obtuvo menor contenido de cenizas solubles en agua con un promedio de 1,94120% difiere estadísticamente con las temperaturas de 500 y 550°C que presentaron promedios de 2,03693 y 2,02427% respectivamente, esto significa que a medida que aumenta la temperatura el contenido de cenizas solubles en agua disminuye, obteniéndose los mejores resultados a una temperatura de 600°C con un promedio de 1,94120%.

Cuadro 27. Comparaciones Múltiples de Duncan para las Temperaturas sobre el Contenido de Cenizas Solubles en Agua

Duncan (P 0.05)	Media	Numero de Observaciones	TEMPERATURA
A	2.03693	15	500
A	2.02427	15	550
B	1.94120	15	600

En el Cuadro 28, se muestran las comparaciones múltiples de Duncan para los niveles de tiempo a un nivel de $P = 0.05$, donde se observa claramente que difieren estadísticamente entre cada uno de los tiempos, obteniéndose en tiempo de 2hr un promedio de 2,04447%, en tiempo de 3hr un promedio de

2,00673% y en tiempo de 4hr un promedio de 1,95120% de cenizas solubles en agua, esto significa que a medida que aumenta el tiempo el porcentaje de cenizas solubles en agua disminuye, en cada nivel de tiempo no hay similitud en el contenido de cenizas, es decir que varía con cada uno de los tiempos, obteniéndose los mejores resultados a un tiempo de 4 hr con un promedio de 1,95120%.

Cuadro 28. Comparaciones Múltiples de Duncan para los Tiempos sobre el Contenido de Cenizas Solubles en Agua

Duncan (P 0.05)	Media	Numero de Observaciones	TIEMPO
A	2.04447	15	2
B	2.00673	15	3
C	1.95120	15	4

4.5. DE LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CENIZAS INSOLUBLES EN AGUA

4.5.1 EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE INCINERACION EN LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CENIZAS INSOLUBLES EN AGUA

A) Efecto del tiempo de incineración a temperatura de 500°C en el contenido de cenizas insolubles en agua de cinco variedades de quinua

Los resultados del contenido de cenizas insolubles en agua son obtenidos a partir de los resultados del contenido de cenizas totales, tras su filtración y nueva incineración.

El contenido de cenizas insolubles en agua se muestra en el Cuadro 29 y en la Figura 11, donde se observa que el contenido de cenizas insolubles en agua aumenta en la variedad Pasankalla en tiempo de 2hr a 3hr y disminuye ligeramente a medida que el tiempo aumenta a 4 hr; en la variedad Illpa INIA y Kancolla la variación es distinta, el contenido de cenizas insolubles en agua muestra una tendencia decreciente en tiempo de 2hr, 3hr y 4hr

respectivamente. Se puede establecer el hecho de que algunos agentes blanqueadores o bien conservadores son insolubles en agua así como también la adición del material mineral en productos como azúcares y productos de frutas (Universidad Central de Venezuela, s/f).

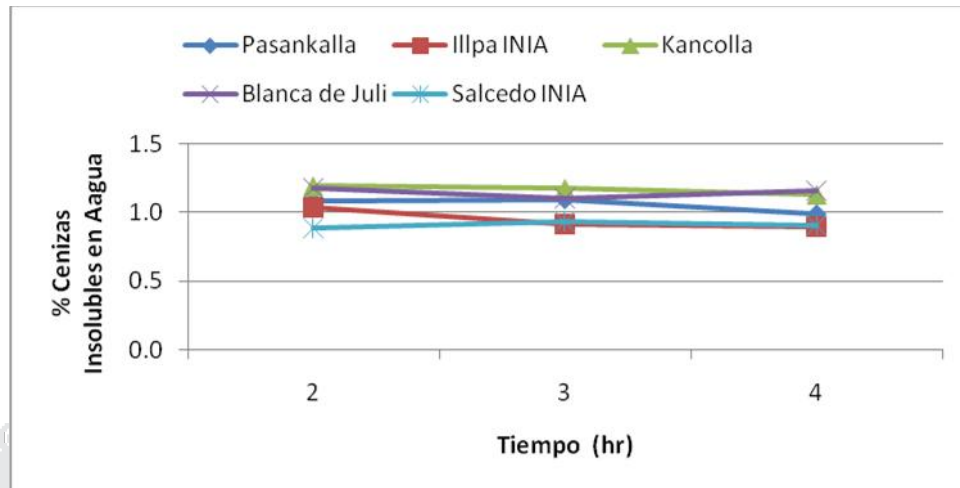
Cuadro 29. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido de cenizas insolubles en agua de cinco variedades de quinua

Variedad	% Cenizas Insolubles en Agua		
	2 hr	3 hr	4 hr
Pasankalla	1,0842	1,0949	0,9882
Ilpa INIA	1,0358	0,9112	0,8950
Kancolla	1,1941	1,1769	1,1298
Blanca de Juli	1,1798	1,1033	1,1572
Salcedo INIA	0,8901	0,9367	0,9074

Fuente: Elaboración propia

En la variedad Blanca de Juli se observa que el contenido de cenizas insolubles en agua disminuye en tiempo de 2hr a 3hr y aumenta ligeramente a medida que el tiempo aumenta a 4 hr, mientras que en la variedad Salcedo INIA se observa que aumenta en tiempo de 2 hr a 3 hr y disminuye ligeramente a medida que el tiempo aumenta a 4 hr, observándose el valor mas alto en tiempo de 2hr para la variedad Kancolla con 1,1941% y el valor mas bajo en la variedad Salcedo INIA con 0,8901% en tiempo de 2hr. Los comportamientos para cada variedad de quinua a una temperatura de 500°C y a medida que el tiempo aumenta desde 2, 3 a 4hr no son iguales, es decir varia con cada variedad (Figura 11) esto debido probablemente a la estructura interna de cada variedad así como el procedimiento seguido durante la obtención de cenizas insolubles en agua.

Figura 11. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido de cenizas insolubles en agua de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

B) Efecto del tiempo de incineración a temperatura de 550°C en el contenido de cenizas insolubles en agua de cinco variedades de quinua

El contenido de cenizas insolubles en agua se muestra en el Cuadro 30 y en la Figura 12, donde se puede observar que el contenido de cenizas insolubles en agua disminuye en la variedad Pasankalla, Blanca de Juli y Salcedo INIA en tiempo de 2hr a 3hr y aumenta ligeramente a medida que el tiempo aumenta a 4 hr.

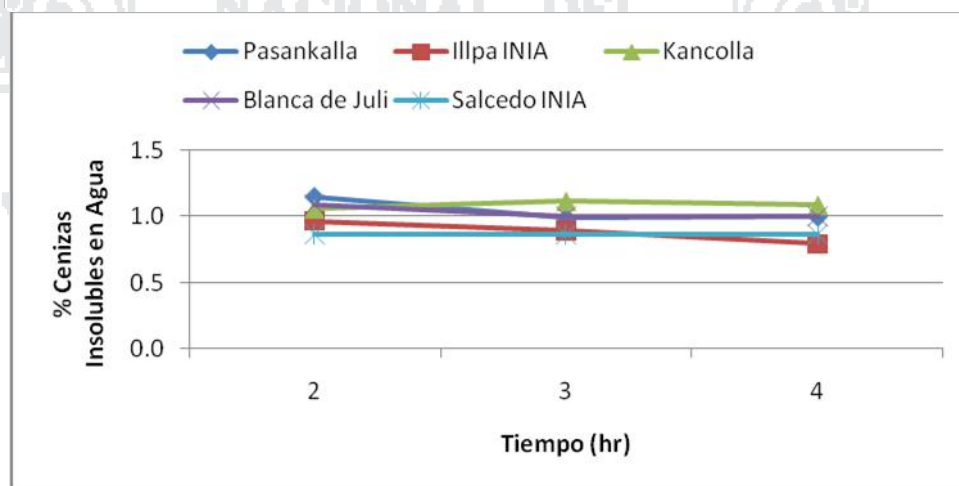
Cuadro 30. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido de cenizas insolubles en agua de cinco variedades de quinua

Variedad	% Cenizas Insolubles en Agua		
	2 hr	3 hr	4 hr
Pasankalla	1,1479	0,9898	0,9969
Illpa INIA	0,9651	0,8942	0,7926
Kancolla	1,0551	1,1145	1,0850
Blanca de Juli	1,0934	1,0038	1,0059
Salcedo INIA	0,8669	0,8654	0,8693

Fuente: Elaboración propia

En la variedad Illpa INIA la variación es distinta, el contenido de cenizas insolubles en agua muestra una tendencia decreciente en tiempo de 2hr, 3hr y 4hr respectivamente, mientras que en la variedad Kancolla se observa que aumenta en tiempo de 2 hr a 3 hr y disminuye ligeramente a medida que el tiempo aumenta a 4 hr. El contenido de cenizas insolubles en agua muestra el valor más alto en tiempo 2hr para la variedad Pasankalla con 1,1479% y el valor mas bajo en tiempo de 4hr para la variedad Illpa INIA con 0,7926%.

Figura 12. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido de cenizas Insolubles en agua de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

C) Efecto del tiempo de incineración a temperatura de 600°C en el contenido de cenizas insolubles en agua de cinco variedades de quinua

El contenido de cenizas insolubles en agua se muestra en el Cuadro 31 y en la Figura 13, donde se observa que ante la variación del tiempo de 2 hr, 3hr y 4hr a temperatura de 600°C el contenido de cenizas insolubles en agua disminuye ligeramente en las variedades Pasankalla, Illpa INIA, Kancolla, Blanca de Juli y Salcedo INIA. Se puede establecer el hecho de que algunos agentes blanqueadores o bien conservadores son insolubles en agua así como también la adición del material mineral en productos como azúcares y productos de frutas (Universidad Central de Venezuela, s/f), las muestras de

quinua que se han adquirido no presentan agentes blanqueadores ni conservadores por lo tanto el contenido de cenizas insolubles en agua es mínimo en comparación de las cenizas solubles en agua.

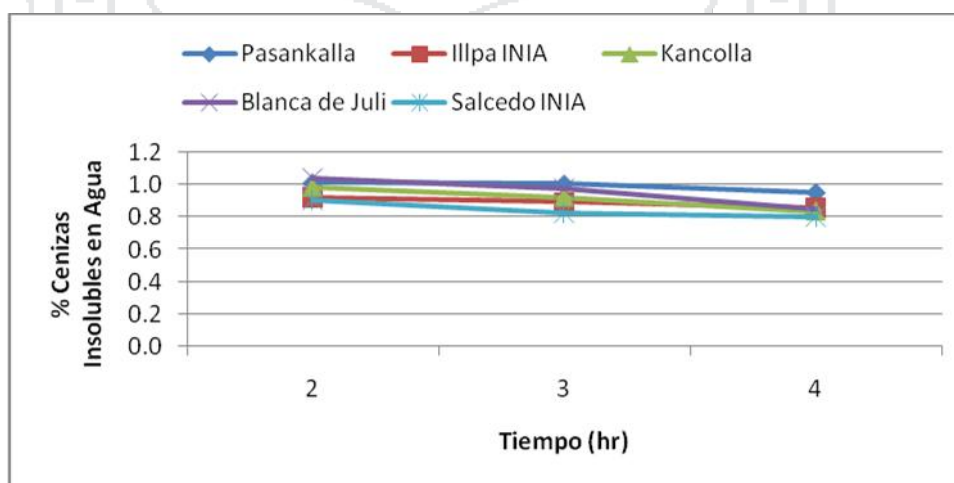
Cuadro 31. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido de cenizas insolubles en agua de cinco variedades de quinua

Variedad	% Cenizas Insolubles en Agua		
	2 hr	3 hr	4 hr
Pasankalla	1,0131	1,0055	0,9539
Illpa INIA	0,9215	0,8934	0,8555
Kancolla	0,9870	0,9248	0,8367
Blanca de Juli	1,0397	0,9747	0,8518
Salcedo INIA	0,9042	0,8296	0,8032

Fuente: Elaboración propia

El contenido de cenizas insolubles en agua muestra una ligera variación en tiempo de 2hr, 3hr y 4hr para cada variedad respectivamente, se observa el valor más alto en tiempo 2hr para la variedad Blanca de Juli con 1,0397% y el valor mas bajo en tiempo de 4hr para la variedad Salcedo INIA con 0,8032%.

Figura 13. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido de cenizas insolubles en agua de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

4.5.2. EFECTO DE LA VARIEDAD DE GRANO EN EL CONTENIDO DE CENIZAS INSOLUBLES EN AGUA DE CINCO VARIEDADES DE QUINUA

En el Anexo 09, se observan los resultados del contenido de cenizas insolubles en agua para las cinco variedades de quinua las que están consideradas como los bloques donde se obtienen los resultados de los promedios para cada uno de los bloques (\bar{x} bloques).

En el Cuadro 32 se muestra el contenido de cenizas insolubles en agua, donde se observa que el porcentaje de cenizas difiere para cada variedad así tenemos en la variedad Kancolla 1,0560% que representa el valor más alto en comparación a las otras variedades, siendo en la variedad Salcedo INIA el valor mas bajo con 0,8748%, esto debido probablemente a la composición química de cada variedad de grano.

Cuadro 32. Efecto de la variedad de grano en el contenido de cenizas insolubles en agua de cinco variedades de quinua

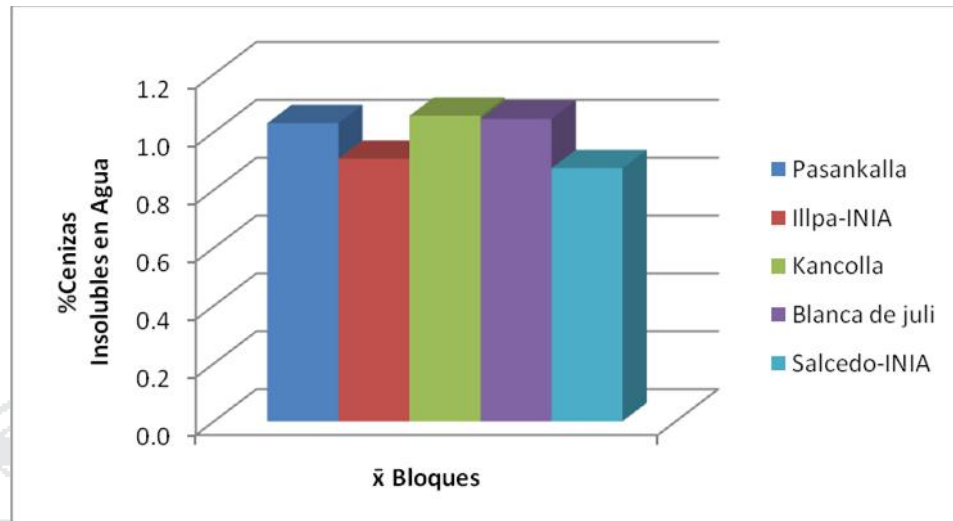
Variedad	% Cenizas Insolubles en Agua	
	\bar{x} Bloques	
Pasankalla	1,0305	
Illpa-INIA	0,9071	
Kancolla	1,0560	
Blanca de juli	1,0455	
Salcedo-INIA	0,8748	

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 14 se muestra de forma comparativa el contenido de cenizas insolubles en agua para cada una de las variedades, estos resultados muestran una variación en el comportamiento de cada variedad, se observa una ligera variación superior en las variedades Pasankalla, Kancolla y Blanca de Juli, mientras que la variedad Illpa INIA y Salcedo INIA muestra una variación inferior con respecto a las demás variedades.

Figura 14. Efecto de la variedad de grano en el contenido de cenizas

Insolubles en agua de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 09, se muestran los resultados obtenidos de la determinación del contenido de cenizas insolubles en agua para las cinco variedades de quinua, con 3 niveles de temperatura (500, 550 y 600°C) y tiempo (2, 3 y 4 horas) y considerando como bloques a las cinco variedades de quinua, estos resultados obtenidos son utilizados para el análisis estadístico.

En el Cuadro 33, se muestra el análisis de varianza en donde se observa que los resultados de los efectos principales a un nivel de $P = 0.05$ resultaron con diferencia significativa para todos los factores (bloques, temperatura y tiempo) mas no así para la interacción (temperatura x tiempo). Entonces el contenido de cenizas insolubles en agua varía como consecuencia de los niveles de temperatura y tiempo así como también de las variedades expresadas como bloques mas no así para la interacción ya que los factores tiempo y temperatura son independientes. Para saber entre que niveles del factor temperatura o entre que niveles del factor tiempo existen diferencias se utilizaran las pruebas de Duncan.

Cuadro 33: Análisis de Varianza (ANVA) para el Contenido de Cenizas Insolubles en Agua en Cinco Variedades de Quinua

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Pr>F	Signific.
Bloques	4	0.26098369	0.06524592	20.50	<.0001	*
Temperatura (A)	2	0.11869364	0.05934682	18.64	<.0001	*
Tiempo (B)	2	0.05204991	0.02602496	8.18	0.0014	*
A x B	4	0.00442262	0.00110566	0.35	0.8439	n.s.
Error Exptal.	32	0.10186071	0.00318315			
Total	44	0.53801058				

R - cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media
0.810672	5.740549	0.056419	0.982822

En el Cuadro 34, se muestran las comparaciones múltiples de Duncan para los bloques (variedades) a un nivel de $P = 0.05$, donde se observa que los bloques K (Kancolla), B (Blanca de Juli) y P (Pasankalla) no difieren estadísticamente, asimismo el bloque I (Illpa INIA) y S (Salcedo INIA) no difieren estadísticamente, se obtuvo el promedio mas alto en la variedad Kancolla con 1,05611% de cenizas insolubles en agua, encontrándose el menor porcentaje de cenizas en el bloque S (Salcedo INIA) que obtuvo un promedio de 0,87467%.

Cuadro 34. Comparaciones Múltiples de Duncan para los Bloques (variedades) sobre el Contenido de Cenizas Insolubles en Agua

Duncan (P 0.05)	Media	Numero de Observaciones	BLOQUES
A	1.05611	9	K
A	1.04556	9	B
A	1.03056	9	P
B	0.90722	9	I
B	0.87467	9	S

En el Cuadro 35, se muestran las comparaciones múltiples de Duncan para los niveles de temperatura a un nivel de $P = 0.05$, donde se observan que difieren estadísticamente entre las tres temperaturas de incineración, teniéndose 1,04560% a temperatura de 500°C; 0,98307% a temperatura de 550°C y

0,91980% de cenizas a 600°C respectivamente, esto significa que a medida que aumenta la temperatura el porcentaje de cenizas disminuye, en cada una de estas temperaturas no hay similitud en el contenido de cenizas, es decir que varía con cada nivel de temperatura, obteniéndose los mejores resultados del contenido de cenizas insolubles en agua a temperatura de 600°C con un promedio de 0,91980%.

Cuadro 35. Comparaciones Múltiples de Duncan para las Temperaturas sobre el Contenido de Cenizas Insolubles en Agua

Duncan (P 0.05)	Media	Numero de Observaciones	TEMPERATURA
A	1.04560	15	500
B	0.98307	15	550
C	0.91980	15	600

En el Cuadro 36, se muestran las comparaciones múltiples de Duncan para los niveles de tiempo a un nivel de P 0.05, donde se observa que los tiempos de 3hr y 4hr no difieren estadísticamente, mientras que el tiempo de 2hr obtuvo un promedio de 1,02520% de cenizas insolubles en agua, pero éste tiempo difiere estadísticamente con los otros tiempos, esto significa que a medida que aumenta el tiempo el contenido de cenizas insolubles en agua disminuye, obteniéndose los mejores resultados a un tiempo de 4hr con un promedio de 0.94193% de cenizas insolubles en agua.

Cuadro 36. Comparaciones Múltiples de Duncan para los Tiempos sobre el Contenido de Cenizas Insolubles en Agua

Duncan (P 0.05)	Media	Numero de Observaciones	TIEMPO
A	1.02520	15	2
B	0.98133	15	3
B	0.94193	15	4

4.6. DE LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES EN ACIDO

4.6.1 EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE INCINERACION EN LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES EN ACIDO

A) Efecto del tiempo de incineración a temperatura de 500°C en el contenido de cenizas solubles en ácido de cinco variedades de quinua

En el Cuadro 37, se observa que el contenido de cenizas solubles en ácido aumenta mínimamente de 2hr a 3hr y disminuye cuando aumenta a 4hr en la variedad Pasankalla y Salcedo INIA; a medida que incrementa el tiempo de 2hr, 3hr y 4hr el contenido de cenizas solubles en ácido disminuye ligeramente en la variedad Illpa INIA; se observa también que disminuye de 2hr a 3hr y sufre un incremento en tiempo de 4hr en el contenido de cenizas solubles en ácido en las variedades Kancolla y Blanca de Juli.

Cuadro 37. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido de cenizas solubles en ácido de cinco variedades de quinua

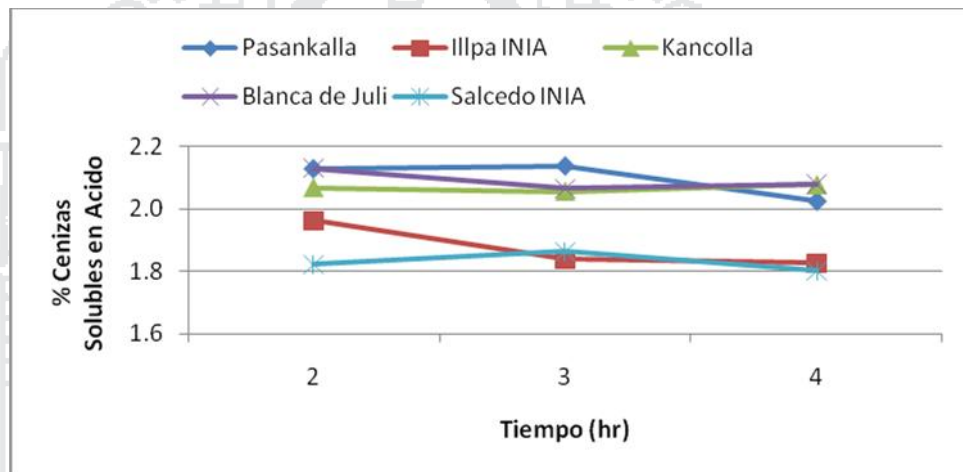
Variedad	% Cenizas Solubles en Acido		
	2 hr	3 hr	4 hr
Pasankalla	2,1305	2,1394	2,0261
Illpa INIA	1,9627	1,8393	1,8263
Kancolla	2,0685	2,0563	2,0781
Blanca de Juli	2,1308	2,0653	2,0792
Salcedo INIA	1,8207	1,8631	1,8016

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 15, se observa que el contenido de cenizas solubles en ácido a temperatura de 500°C donde a medida que el tiempo aumenta de 2hr a 3hr y 4hr presentan diferencias considerables, unas ligeramente aumentan mientras que otras disminuyen, presentando el valor mas alto en 3hr para la variedad Pasankalla (2,1394%) y el valor mas bajo en la variedad Salcedo INIA (1,8016%) en 2hr. Este residuo vendría a ser el ácido clorhídrico diluido y el

componente mineral de la quinua, en conclusión se puede decir que el contenido de cenizas solubles en ácido es mayor con respecto al contenido de cenizas insolubles en ácido en las cinco variedades de quinua, el cual se ha realizado por diferencia de peso. Cabe mencionar que no se puede realizar ningún tipo de comparación con otros productos y menos aún de la quinua y sus variedades, ya que no se encontraron antecedentes de este tipo de análisis.

Figura 15. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido de cenizas solubles en ácido de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

B) Efecto del tiempo de incineración a temperatura de 550°C en el contenido de cenizas solubles en ácido de cinco variedades de quinua

Los resultados del contenido de cenizas solubles en ácido se muestran en el Cuadro 38, donde se observan comportamientos similares entre las variedades Pasankalla (2,1468 a 2,0077%); Illpa INIA (1,9641 a 1,7874%); Blanca de Juli (2,1093 a 1,9420%) y Salcedo INIA (1,7870 a 1,7367%), mas no así en la variedad Kancolla que en 2hr presentó 2,0972% luego incrementó en 3hr a 2,1049% y posteriormente en 4h bajó ligeramente a 2,0604%, se observa también que el valor más alto se presentó en la variedad Pasankalla con 2,1468% en 2hr y el valor mas bajo en la variedad Salcedo INIA con 1,7367% en 4hr.

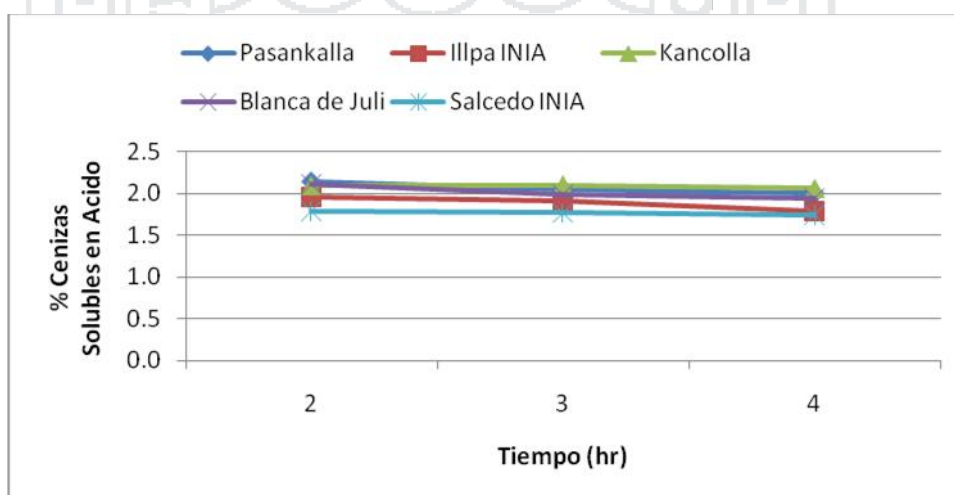
Cuadro 38. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido de cenizas solubles en ácido de cinco variedades de quinua

Variedad	% Cenizas Solubles en Acido		
	2 hr	3 hr	4 hr
Pasankalla	2,1468	2,0596	2,0077
Illpa INIA	1,9641	1,9084	1,7874
Kancolla	2,0972	2,1049	2,0604
Blanca de Juli	2,1093	1,9894	1,9420
Salcedo INIA	1,7870	1,7626	1,7367

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 16, se observa que existe una tendencia decreciente en el porcentaje de cenizas solubles en ácido en las variedades Pasankalla, Illpa INIA, Blanca de Juli y Salcedo INIA, excepto en la variedad Kancolla presentado un comportamiento diferente, donde se observa que a medida que se incrementan los tiempos de 2hr, 3hr y 4hr el contenido de cenizas solubles en ácido disminuye

Figura 16. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido de cenizas solubles en ácido de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

C) Efecto del tiempo de incineración a temperatura de 600°C en el contenido de cenizas solubles en ácido de cinco variedades de quinua

El contenido de cenizas solubles en ácido se muestran en el Cuadro 39 y en la Figura 17, donde se observa que el contenido de cenizas solubles en ácido aumenta en la variedad Pasankalla de 2hr en 1,8996% a 3hr con 1,9769% y disminuye ligeramente a medida que el tiempo aumenta a 4 hr 1,9500%; mientras que en la variedad Illpa INIA se observan rangos de 1,8941 a 1,8001%; en la variedad Kancolla de 1,8851 a 1,8058%; en la variedad Blanca de Juli de 1,9127 a 1,7862% y la variedad Salcedo INIA de 1,6676 a 1,4715% respectivamente. Como ya se había mencionado anteriormente este residuo vendría a ser el ácido clorhídrico diluido y el componente mineral de la quinua cabe mencionar también que estos datos no se pueden comparar con otros productos y menos aun de la quinua y sus variedades, ya que no se encontraron antecedentes de este tipo de análisis.

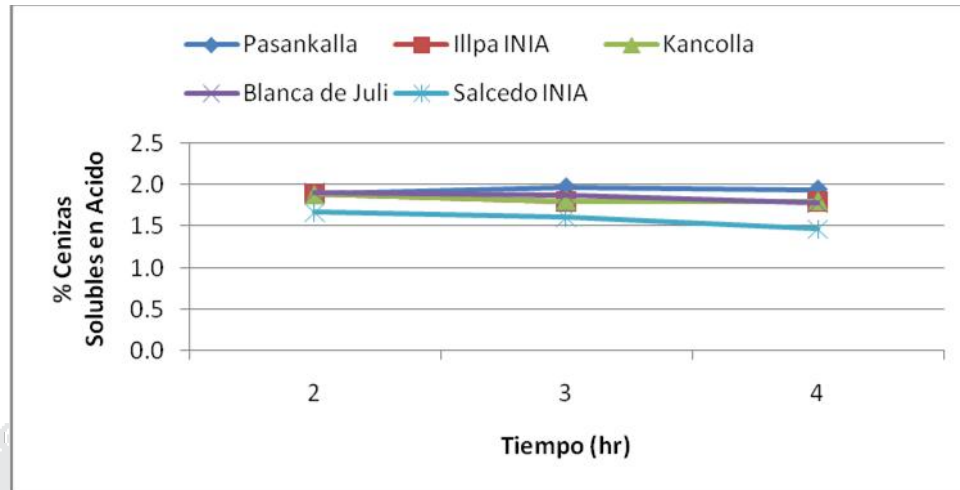
Cuadro 39. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido de cenizas solubles en ácido de cinco variedades de quinua

Variedad	% Cenizas Solubles en Acido		
	2 hr	3 hr	4 hr
Pasankalla	1,8996	1,9769	1,9500
Illpa INIA	1,8941	1,8076	1,8001
Kancolla	1,8851	1,8118	1,8058
Blanca de Juli	1,9127	1,8784	1,7862
Salcedo INIA	1,6676	1,6057	1,4715

Fuente: Elaboración propia

El contenido de cenizas solubles en ácido presenta una tendencia decreciente (Figura 17) en tiempo de 2hr, 3hr y 4hr respectivamente en las variedades Illpa INIA, Kancolla, Blanca de Juli y Salcedo INIA, excepto en la variedad Pasankalla, se observa el valor mas alto en 3hr para la variedad Pasankalla con 1,9769% de cenizas solubles en ácido y el valor mas bajo en la variedad Salcedo INIA con 1,4715% en 4hr.

Figura 17. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido de cenizas solubles en ácido de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

4.6.2. EFECTO DE LA VARIEDAD DE GRANO EN EL CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES EN ÁCIDO DE CINCO VARIIDADES DE QUINUA

En el Anexo 11, se observan los resultados del contenido de cenizas solubles en ácido para las cinco variedades de quinua las que están consideradas como los bloques de donde se obtienen los resultados de los promedios para cada uno de los bloques (\bar{x} bloques).

En el cuadro 40, se muestra el contenido de cenizas solubles en ácido donde se observa que el porcentaje de cenizas difiere para cada variedad así tenemos en la variedad Pasankalla 2,0374% de cenizas solubles en ácido que presenta el valor más alto en comparación a las otras variedades, siendo en la variedad Salcedo INIA el valor mas bajo con 1,7241%, esto debido probablemente a la composición química de cada variedad de grano.

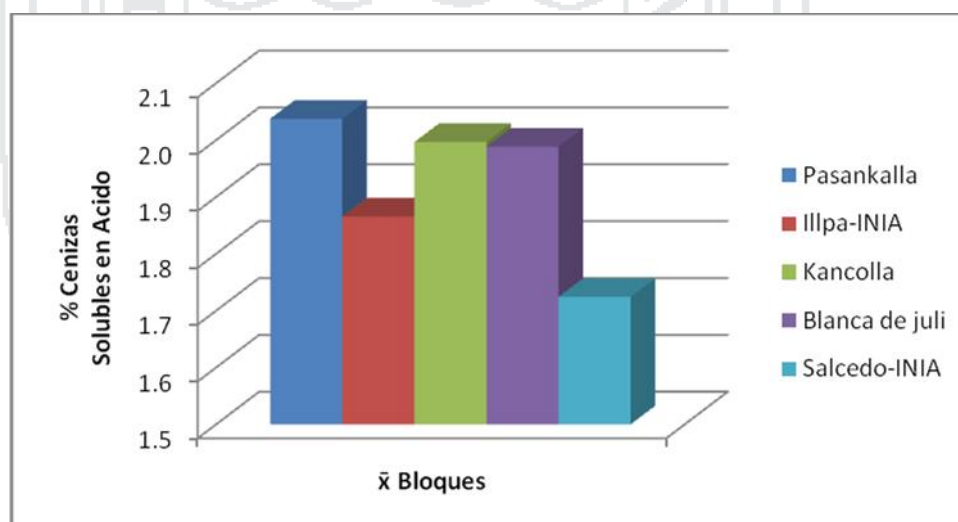
Cuadro 40. Efecto de la Variedad de Grano en el contenido de cenizas solubles en ácido de cinco variedades de quinua

Variedad	% Cenizas Solubles en Acido	
	\bar{x} Bloques	
Pasankalla	2,0374	
Illpa-INIA	1,8656	
Kancolla	1,9965	
Blanca de juli	1,9881	
Salcedo-INIA	1,7241	

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 18, se muestra de forma comparativa el contenido de cenizas solubles en ácido para cada una de las variedades, estos resultados muestran una variación en el comportamiento de cada variedad, se observa una ligera variación superior en las variedades Pasankalla, Kancolla y Blanca de Juli, mientras que la variedad Illpa INIA y Salcedo INIA muestra una variación inferior con respecto a las demás variedades.

Figura 18. Efecto de la variedad de grano en el contenido de cenizas solubles en ácido de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 11, se muestran los resultados obtenidos de la determinación del contenido de cenizas solubles en ácido para las cinco variedades de quinua,

con 3 niveles de temperatura en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$) y tiempo en horas (hr) y considerando como bloques a las cinco variedades de quinua, estos resultados obtenidos se utilizarán par el análisis estadístico.

En el Cuadro 41, se muestra el análisis de varianza en donde se observa que los resultados de los efectos principales a un nivel de $P = 0.05$ resultaron con diferencia significativa para todos los factores (bloque, temperatura y tiempo) no así para la interacción (temperatura x tiempo). Por lo tanto el contenido de cenizas solubles en ácido varía como consecuencia de los niveles de temperatura y tiempo así como también de las variedades expresadas como bloques, mientras que para la interacción las temperaturas y tiempos son consideradas como factores independientes que no influyen entre si.

Cuadro 41: Análisis de Varianza (ANVA) para el Contenido de Cenizas Solubles en Acido en Cinco Variedades de Quinua

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Pr>F	Signific.
Bloques	4	0.58968964	0.14742241	44.74	<.0001	*
Temperatura (A)	2	0.28837284	0.14418642	43.76	<.0001	*
Tiempo (B)	2	0.05818671	0.02909336	8.83	0.0009	*
A x B	4	0.00369956	0.00092489	0.28	0.8883	n.s.
Error Exptal.	32	0.10544356	0.00329511			
Total	44	1.04539231				

R - cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media
0.899135	2.986079	0.057403	1.922356

En el Cuadro 42, se muestran las comparaciones múltiples de Duncan para los bloques (variedades) a un nivel de $P = 0.05$, donde se observa que los bloques P (Pasankalla), K (Kancolla) y B (Blanca de Juli) no difieren estadísticamente, mientras que el bloque I (Illpa INIA) si difiere estadísticamente al igual que el bloque S (Salcedo INIA) con respecto a los demas, se obtuvo el promedio mas alto en la variedad Pasankalla con 2.03756% de cenizas solubles en ácido, encontrándose el menor porcentaje de cenizas en el bloque S (Salcedo INIA) que obtuvo un promedio de 1,72433%.

Cuadro 42. Prueba de Comparaciones Múltiples de Duncan para los Bloques (variedades) sobre el Contenido de Cenizas Solubles en Acido

Duncan (P 0.05)	Media	Numero de Observaciones	BLOQUES
A	2.03756	9	P
A	1.99644	9	K
A	1.98800	9	B
B	1.86544	9	I
C	1.72433	9	S

En el Cuadro 43, se muestran las comparaciones múltiples de Duncan para los niveles de temperatura a un nivel de $P = 0.05$, para los efectos de las temperaturas de incineración en el contenido de cenizas solubles en ácido, donde se observan que las temperaturas de 500 y 550°C no difieren estadísticamente, teniéndose como promedios de 1,99253% y 1,96420% respectivamente, a temperatura de 600°C un promedio 1.81033% que si difiere estadísticamente con respecto a las temperaturas de 500 y 550°C, obteniéndose los mejores resultados a temperatura de 600°C, ya que las cenizas totales incineradas a esta temperatura presentan las mejores características para ser evaluadas y además para la determinación de cenizas solubles en ácido.

Cuadro 43. Prueba de Comparaciones Múltiples de Duncan para las Temperaturas sobre el Contenido de Cenizas Solubles en Acido

Duncan (P 0.05)	Media	Numero de Observaciones	TEMPERATURA
A	1.99253	15	500
A	1.96420	15	550
B	1.81033	15	600

En el Cuadro 44, se muestran las comparaciones múltiples de Duncan para los niveles de tiempo a un nivel de $P = 0.05$, donde se observa que los tiempos de 2hr y 3hr no difieren estadísticamente, mientras que el tiempo de 4hr que obtuvo un promedio de 1,87727% difiere estadísticamente con los otros tiempos, esto significa que a medida que aumenta el tiempo el contenido de

cenizas solubles en ácido disminuye, obteniéndose los mejores resultados a un tiempo de 4hr con un promedio de 1,87727% de cenizas solubles en ácido.

Cuadro 44. Prueba de Comparaciones Múltiples de Duncan para los Tiempos sobre el Contenido de Cenizas Solubles en Acido

Duncan (P 0.05)	Media	Numero de Observaciones	TIEMPO
A	1.96527	15	2
A	1.92453	15	3
B	1.87727	15	4

4.7. DE LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CENIZAS INSOLUBLES EN ACIDO

4.7.1. EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE INCINERACION EN LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CENIZAS INSOLUBLES EN ACIDO

A) Efecto del tiempo de incineración a temperatura de 500°C en el contenido de cenizas insolubles en ácido de cinco variedades de quinua

Los resultados del contenido de cenizas insolubles en ácido son obtenidos a partir de los resultados del contenido de cenizas totales, tras su filtración, nueva incineración y su tratamiento con ácido clorhídrico.

El contenido de cenizas insolubles en ácido se muestra en el Cuadro 45, donde se observan rangos de 1,1479 a 1,1193% en la variedad Pasankalla; 1,1817 a 1,1554% en la variedad Illpa INIA; 1,1492 a 1,0043% en la variedad Kancolla; 1,1038 a 1,0073% en la variedad Blanca de Juli y 1,0646 a 0,9918% en la variedad Salcedo INIA presentando el valor mas alto la variedad Illpa INIA (1,1817%) en 2hr y el valor mas bajo en la variedad Salcedo INIA (0,9918%) en 4hr. Las cenizas insolubles en ácido son una medida de la materia arenosa presente, estando especificado los valores máximos para las hierbas y especias. La presencia de suciedad aumenta los valores obtenidos (Pearson, 1998). Algunos alimentos llevan adheridas impurezas (arena/tierra), estas impurezas deben esperarse en productos que

crecen cerca del suelo como verduras, setas y similares, pero también en las conservas de tomate (Matissek, 1996). Estos resultados obtenidos nos muestran que el contenido de arena está presente en la quinua no pudiéndose comparar estos valores con otros autores ya que no se encontraron antecedentes de este tipo de análisis para la quinua y sus variedades.

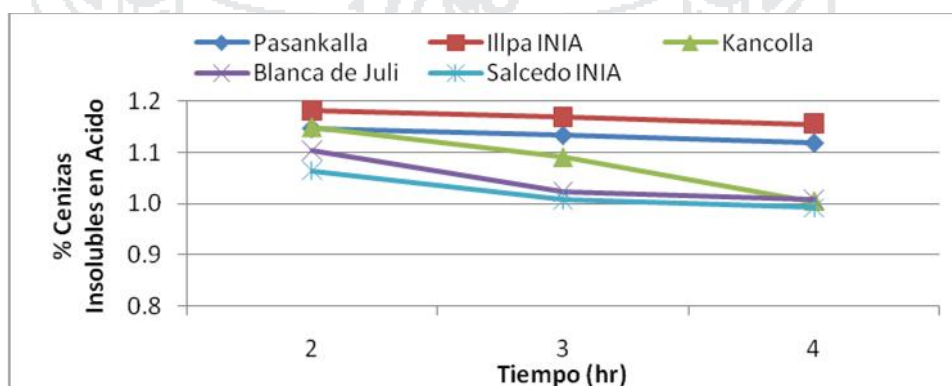
Cuadro 45. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido de cenizas insolubles en ácido de cinco variedades de quinua

Variedad	% Cenizas Insolubles en Acido		
	2 hr	3 hr	4 hr
Pasankalla	1,1479	1,1345	1,1193
Illpa INIA	1,1817	1,1687	1,1554
Kancolla	1,1492	1,0905	1,0043
Blanca de Juli	1,1038	1,0228	1,0073
Salcedo INIA	1,0646	1,0076	0,9918

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 19, se observa que existe una tendencia decreciente en el porcentaje de cenizas insolubles en ácido, donde a medida que se incrementan los tiempos de 2hr, 3hr y 4hr el contenido de cenizas insolubles en ácido disminuye, presentándose similares comportamientos en las cinco variedades.

Figura 19. Efecto del tiempo de incineración a 500°C en el contenido de cenizas Insolubles en ácido de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

B) Efecto del tiempo de incineración a temperatura de 550°C en el contenido de cenizas insolubles en ácido de cinco variedades de quinua

En el Cuadro 46 se muestra el contenido de cenizas insolubles en ácido, donde se puede observar que disminuye para cada variedad presentado rangos de 1,0961 a 0,9979% en la variedad Pasankalla; 1,1067 a 0,9967% en la variedad Illpa INIA; 1,1153 a 1,0090% en la variedad Kancolla; 1,0896 a 1,0316% en la variedad Blanca de Juli; 1,0007 a 0,9715% en la variedad Salcedo INIA, presentando el valor mas alto la variedad Kancolla (1,1153%) en 2hr y el valor mas bajo en la variedad Salcedo INIA (0,9715%) en 4hr. Éstas fracciones insolubles vienen a ser el residuo de arena y algunos componentes insolubles presentes en la quinua.

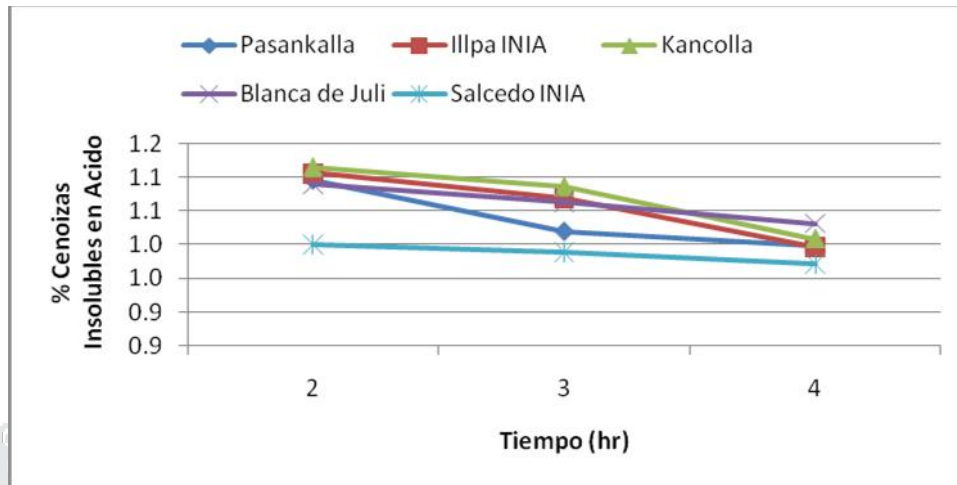
Cuadro 46. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido de cenizas insolubles en ácido de cinco variedades de quinua

Variedad	% Cenizas Insolubles en Acido		
	2 hr	3 hr	4 hr
Pasankalla	1,0961	1,0199	0,9979
Illpa INIA	1,1067	1,0695	0,9967
Kancolla	1,1153	1,0866	1,0090
Blanca de Juli	1,0896	1,0636	1,0316
Salcedo INIA	1,0007	0,9894	0,9715

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 20, se observa que a medida que aumenta el tiempo en una temperatura de 550°C el contenido de cenizas insolubles en ácido disminuye, es decir en tiempo de 2hr se tienen los valores mas altos, en 3hr va disminuyendo y en 4hr se tienen los valores mas bajos respectivamente para cada variedad, existe similitud de comportamiento entre todas las variedades encontrándose los valores mas bajos en la variedad Salcedo INIA con respecto a las demás variedades.

Figura 20. Efecto del tiempo de incineración a 550°C en el contenido de cenizas insolubles en ácido de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

C) Efecto del tiempo de incineración a temperatura de 600°C en el contenido de cenizas insolubles en ácido de cinco variedades de quinua

Los resultados obtenidos del contenido de cenizas insolubles en ácido se muestra en el Cuadro 47, donde se muestran los siguientes rangos para cada variedad, siendo: en la variedad Pasankalla de 1,1587 a 0,9960%; en la variedad Illpa INIA de 1,0928 a 0,9867%; en la variedad Kancolla de 1,0987 a 0,9895%; en la variedad Blanca de Juli de 1,1158 a 0,9954%; en la variedad Salcedo INIA de 1,0452 a 0,9838%, observándose el máximo contenido de cenizas insolubles en ácido (arena) en 2hr en la variedad Pasankalla con 1,1587% y el mínimo contenido de cenizas insolubles en ácido (arena) en 4hr en la variedad Salcedo INIA con 0,9838%, cabe indicar que en éste parámetro de temperatura (600°C) se han obtenido los mejores resultados con respecto a los dos parámetros anteriores. Estos resultados son el contenido de arena presente en la quinua que son valores mínimos además posiblemente presenten otras sustancias insolubles presentes en su composición. Estos valores no pueden ser comparados con otros autores ya que no se encontraron antecedentes de este tipo de análisis para la quinua y sus variedades.

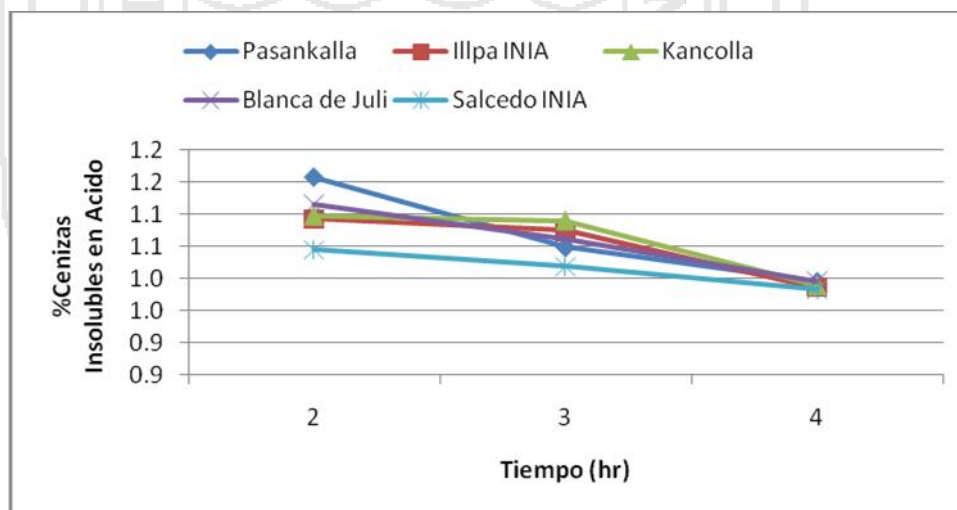
Cuadro 47. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido de cenizas insolubles en ácido de cinco variedades de quinua

Variedad	% Cenizas Insolubles en Acido		
	2 hr	3 hr	4 hr
Pasankalla	1,1587	1,0494	0,9960
Illpa INIA	1,0928	1,0744	0,9867
Kancolla	1,0987	1,0909	0,9895
Blanca de Juli	1,1158	1,0625	0,9954
Salcedo INIA	1,0452	1,0193	0,9838

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 21, se observa que existe una tendencia decreciente en el porcentaje de cenizas insolubles en ácido, donde a medida que se incrementan los tiempos de 2hr, 3hr y 4hr el contenido de cenizas insolubles en ácido disminuye, mostrando similares comportamientos para cada una de las variedades, encontrándose los valores mas bajos en la variedad Salcedo INIA

Figura 21. Efecto del tiempo de incineración a 600°C en el contenido de cenizas insolubles en ácido de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

4.7.2. EFECTO DE LA VARIEDAD DE GRANO EN EL CONTENIDO DE CENIZAS INSOLUBLES EN ÁCIDO DE CINCO VARIEDADES DE QUINUA

En el Anexo 12, se observan los resultados del contenido de cenizas insolubles en ácido para las cinco variedades de quinua las que están consideradas como los bloques de donde se obtienen los resultados de los promedios para cada uno de los bloques (\bar{x} bloques).

El contenido de cenizas insolubles en ácido en la quinua se muestran en el Cuadro 48, donde se puede observar que es distinto para cada variedad así tenemos en la variedad Illpa INIA 1,0925% que presenta mayor contenido de cenizas insolubles en ácido (arena) en comparación a las otras variedades, siendo en la variedad Salcedo INIA el valor mas bajo con 1,0082%.

Cuadro 48. Efecto de la variedad de grano en el contenido de cenizas insolubles en ácido de cinco variedades de quinua

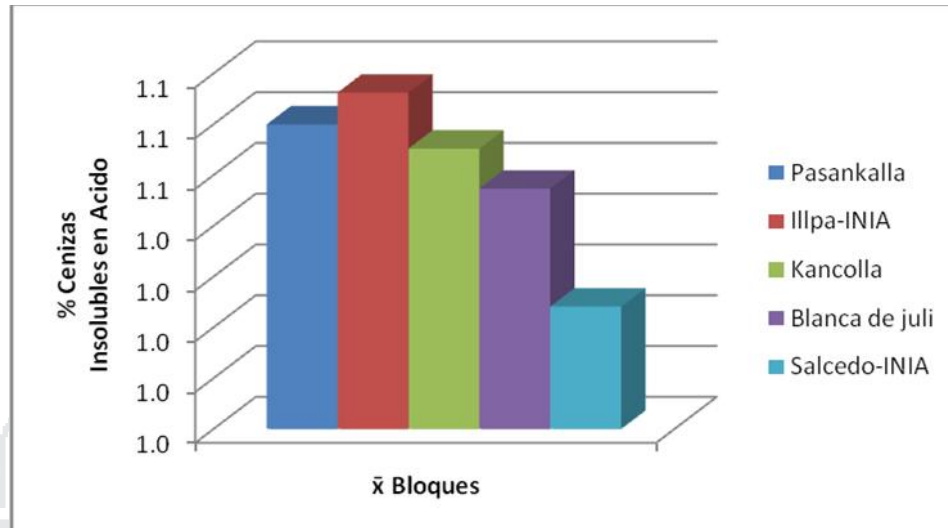
Variedad	% Cenizas Insolubles en Acido
	\bar{x} Bloques
Pasankalla	1,0800
Illpa-INIA	1,0925
Kancolla	1,0704
Blanca de juli	1,0547
Salcedo-INIA	1,0082

Fuente: Elaboración propia

En la figura 22, se muestra de forma comparativa el contenido de cenizas insolubles en ácido para cada una de las variedades, se puede observar que varía para cada variedad, se observa que va disminuyendo progresivamente presentando el valor mas alto de contenido de cenizas insolubles en ácido (arena) en la variedad Illpa INIA y el valor mas bajo de contenido de cenizas insolubles en ácido (arena) en la variedad Salcedo INIA.

Figura 22. Efecto de la variedad de grano en el contenido de cenizas

Insolubles en ácido de cinco variedades de quinua



Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 12, se muestran los resultados obtenidos de la determinación del contenido de cenizas insolubles en ácido para las cinco variedades de quinua, con niveles de temperatura de 500, 550 y 600°C y niveles de tiempo de 2, 3 y 4hr y considerando como bloques a las cinco variedades de quinua, de donde se obtienen un total de 45 tratamientos que serán utilizadas para el análisis estadístico.

En el Cuadro 49, se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la determinación del contenido de cenizas insolubles en ácido en donde se observa que los resultados de los efectos principales a un nivel de $P < 0.05$ resultaron con diferencia significativa para todos los factores (bloque, temperatura y tiempo) mas no así para la interacción (temperatura x tiempo). Por lo tanto se tiene que el contenido de cenizas insolubles en ácido varía como consecuencia de los niveles de temperatura y tiempo así como también de las variedades expresadas como bloques, mientras que para la interacción el factor temperatura no influye en el factor tiempo por lo que se consideran independientes es decir que no dependen del uno ni del otro.

Cuadro 49: Análisis de Varianza (ANVA) para el Contenido de Cenizas Insolubles en Acido en Cinco Variedades de Quinua

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Pr>F	Signific.
Bloques	4	0.03839213	0.00959803	7.87	0.0002	*
Temperatura (A)	2	0.01905924	0.00952962	7.82	0.0017	*
Tiempo (B)	2	0.05924751	0.02962376	24.30	<.0001	*
A x B	4	0.00274209	0.00068552	0.56	0.6917	n.s.
Error Exptal.	32	0.03901427	0.00121920			
Total	44	0.15845524				

R - cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media
0.753784	3.290055	0.034917	1.061289

En el Cuadro 50, se muestran las comparaciones múltiples de Duncan para los bloques (variedades) a un nivel de $P = 0.05$ donde se obtuvo para los bloques I (Illpa INIA) con 1.09267%, P (Pasankalla) con 1.08000% y K (Kancolla) con 1.07056% de promedio que no difieren estadísticamente, al igual que los bloques P (Pasankalla), K (Kancolla) y B (Blanca de Juli) tienen el mismo comportamiento, mientras que el bloque S (Salcedo INIA) con 1.00833% difiere estadísticamente de las demás variedades, encontrándose el menor porcentaje de cenizas insolubles en ácido en el bloque S (Salcedo INIA) que obtuvo un promedio de 1,00833% y el mayor promedio en la variedad Illpa INIA con 1,09267%.

Cuadro 50. Comparaciones Múltiples de Duncan para los Bloques (variedades) sobre el Contenido de Cenizas Insolubles en Acido

Duncan (P 0.05)	Media	Numero de Observaciones	BLOQUES
A	1.09267	9	I
AB	1.08000	9	P
AB	1.07056	9	K
B	1.05489	9	B
C	1.00833	9	S

En el Cuadro 51, se muestran las comparaciones múltiples de Duncan para los niveles de temperatura a un nivel de $P = 0.05$, donde se observa que a

temperatura de 500°C se obtuvo mayor contenido de cenizas insolubles en ácido con un promedio de 1,09007%, ésta temperatura difiere estadísticamente con las temperaturas de 550 y 600°C que presentaron promedios de 1,04313 y 1,05067% respectivamente que no difieren estadísticamente, esto significa que a temperatura de 600°C y 550°C el porcentaje de cenizas insoluble en ácido es similar, esto quiere decir que se puede tomar cualquiera de las dos temperaturas pero se recomienda trabajar con 600°C.

Cuadro 51. Comparaciones Múltiples de Duncan para las Temperaturas sobre el Contenido de Cenizas Insolubles en Acido

Duncan (P 0.05)	Media	Numero de Observaciones	TEMPERATURA
A	1.09007	15	500
B	1.05067	15	600
B	1.04313	15	550

En el Cuadro 52, se muestran las comparaciones múltiples de Duncan para los niveles de tiempo a un nivel de $P = 0.05$, donde se observa que difieren estadísticamente entre los tiempos, obteniéndose en tiempo de 2hr un promedio de 1,10460% en tiempo de 3hr un promedio de 1,06347% y en tiempo de 4hr un promedio de 1,01580% de cenizas solubles en agua, esto significa que a medida que aumenta el tiempo el porcentaje de cenizas insolubles en ácido disminuye, en cada nivel de tiempo no hay similitud, es decir que varía con cada uno de los tiempos, obteniéndose los mejores resultados en tiempo de 4 hr con un promedio de 1,01580%.

Cuadro 52. Comparaciones Múltiples de Duncan para los Tiempos sobre el Contenido de Cenizas Insolubles en Acido

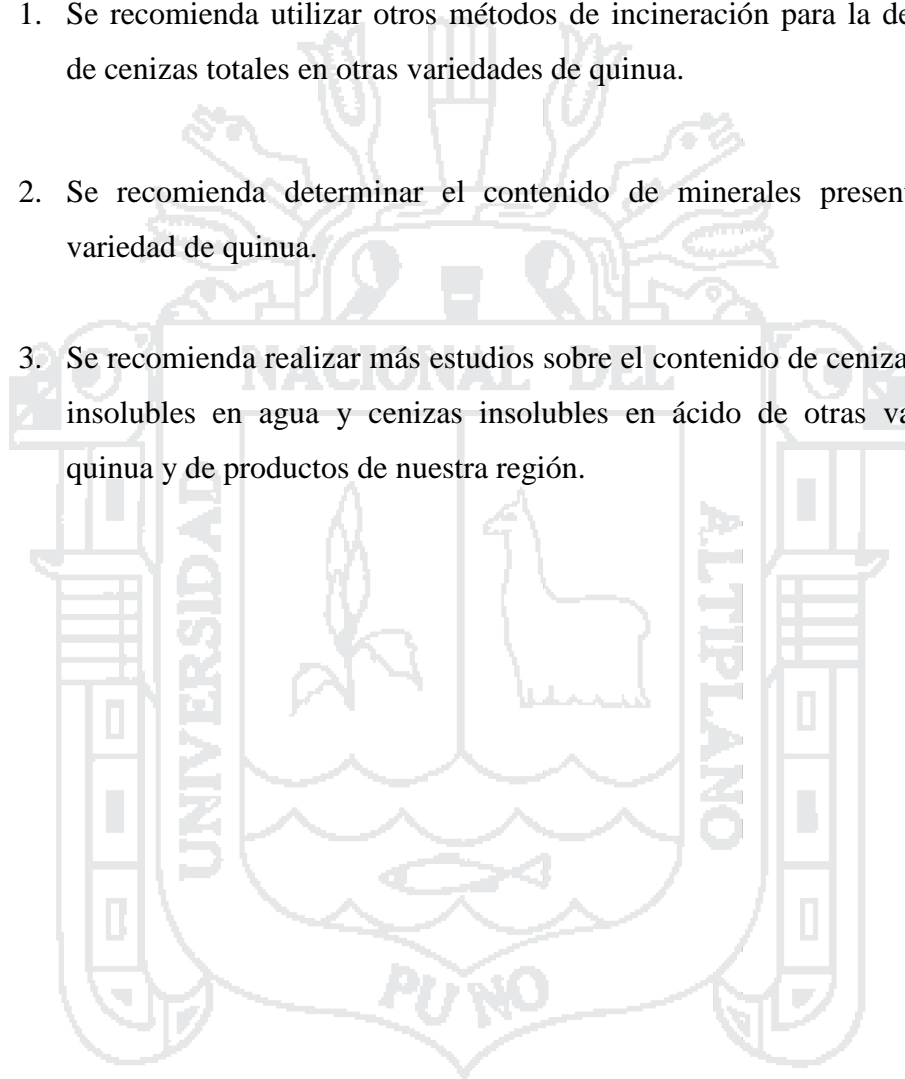
Duncan (P 0.05)	Media	Numero de Observaciones	TIEMPO
A	1.10460	15	2
B	1.06347	15	3
C	1.01580	15	4

V. CONCLUSIONES

1. El horno mufla de mesa Thermolyne presenta características apropiadas para incinerar muestras de quinua, éste equipo cuenta con un sistema de precisión y confiabilidad mediante un control digital.
2. El horno mufla de mesa Thermolyne es de fácil manipulación. No es necesario que el usuario esté presente para supervisar la temperatura, sencillamente fijar la temperatura y el controlador automático guía la temperatura hasta el punto especificado con una estabilidad de $\pm 0.5^\circ \text{C}$.
3. El contenido de cenizas totales, cenizas solubles e insolubles en agua y cenizas solubles e insolubles en ácido de las cinco variedades de quinua es influenciada significativamente por los niveles de temperatura y tiempo de incineración, a medida que aumenta la temperatura y tiempo de incineración el contenido de cenizas totales, cenizas solubles e insolubles en agua y cenizas solubles e insolubles en ácido disminuyen para cada caso, obteniéndose que las mejores características se presentan a temperatura de 600°C y tiempo de 4 horas en todo los casos.
4. El contenido de cenizas totales, cenizas solubles e insolubles en agua y cenizas solubles e insolubles en ácido es influenciada significativamente por la variedad de grano de quinua, en el contenido de cenizas totales presenta el valor mas alto la variedad Pasankalla y el valor mas bajo la variedad Salcedo INIA. Por otro lado el contenido de cenizas solubles en agua es superior al contenido de cenizas insolubles en agua presentándose la variedad Pasankalla como la mas soluble y la variedad Salcedo INIA como la menos soluble, asimismo el contenido de cenizas solubles en ácido es superior al contenido de cenizas insolubles en ácido en las cinco variedades presentándose la variedad Illpa INIA con mayor contenido de cenizas insolubles en ácido y la variedad Salcedo INIA con menor contenido de cenizas insolubles en ácido.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar otros métodos de incineración para la determinación de cenizas totales en otras variedades de quinua.
2. Se recomienda determinar el contenido de minerales presentes en cada variedad de quinua.
3. Se recomienda realizar más estudios sobre el contenido de cenizas solubles e insolubles en agua y cenizas insolubles en ácido de otras variedades de quinua y de productos de nuestra región.



VII. BIBLIOGRAFIA

- ABBOTT, M.M.; VANNESS, H.C. 1991. Termodinámica. 2a. ed. México: McGraw-Hill.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- APAZA, W.; TINTAYA, E. 2003. Fabricación e Instalación de un Horno Eléctrico para el Laboratorio de Cerámica. 70p. Tesis Ing. Metalúrgica, Facultad de Ingeniería Geológica e Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú.
- ARCA, R. 1996. Seminario: Potencialidades, Depredación de la Quinoa y sus Perspectivas para la Exportación. Región Moquegua Tacna Puno. Puno-Perú.
- ASTIGARRAGA, J. 1996. Hornos Eléctricos tipo Mufla para Tratamientos Térmicos. Edit. Mc Graw Hill.
- BADUI, D.S. 1981. Química de los Alimentos. Alambra S.A.
- BORDA, W.; GAMARRA, W. 2002. Diseño y Construcción de un Equipo Mejorado para el Desaponificado de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*). Puno-Perú. 27p y 74p. Tesis Ing. Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- BUELNA, J.V.H.; ZUÑIGA, F.J. 2009. Horno Eléctrico para Tratamientos Térmicos. Universidad de Guadalajara, CUCEI, Departamento de Ing. Mecánica Eléctrica. Guadalajara, Jalisco, México.
- CALLEN, H.B. 1985: Thermodynamics. New York: Wiley & Sons.
- CCBOL group, 2006. Quinoa- quinoa antecedentes.
- CHOQUEHUANCA, F. 1998. Determinación de Parámetros en la Elaboración de Hojuelas de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) Precocida y Saborizada, Tesis UNA-Puno.
- CIENYTEC Ltda. 2008. Instrumentos Científicos y Equipos para Laboratorio, Colombia.

- COLLAZOS, C. 1996. La Composición de Alimentos de Mayor Consumo en el Perú. 6ta edición. Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Nutrición. Banco Central de Reserva. Lima, Perú
- DÍAZ, P. 1994. Transferencia de Calor y Aplicaciones, 2da Edición, Lima - Perú.
- DICCIONARIO ENCICLOPÉDICO DE PLANTAS ÚTILES DEL PERÚ. Brack Egg. A., (PNUD) Technology of cereals, Kent, N.L. (Pegamon Press).
- EGAN, H.; KIRK, R.; SAWYER, R. 1991. Análisis Químico de Alimentos de Pearson, 4^{ta} edición, Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V, [México](#).
- FAO, 2001. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Cultivos Andinos-Quinoa.(en línea).Santiago de Chile.
- GEANKOPLIS, C. J. 1995. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias, Segunda Edición. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. México.
- GONZÁLES, A. E. 1979. Evaluación Fenotípica de Siete Cultivares de Quinoa (*chenopodium quinoa willd*), Tesis Facultad de Agronomía UNTA Puno-Perú 52P.
- GORDILLO, W.; ACERO, R. 2001. Diseño y Construcción de un Horno Mufla a Combustión para el Análisis de Minerales. Tesis Ing. Metalúrgica, Facultad de Ingeniería Geológica e Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú.
- IBÁÑEZ, V. 2009. Análisis y Diseño de Experimentos, Ingeniero Estadístico UNA –Puno, Editorial Universitaria.
- INSTITUTO DE ENERGÍA Y TERMODINÁMICA, 2007. Manual de Construcción de Hornos. Universidad Pontificia Bolivariana. Primer Seminario de Equipos y Servicios Dirigido a la Suscripción de Seguros Generales.
- ITURBE, F. A. 2000. Departamento de Alimentos y Biotecnología. UNAM.
- JUNGE, 1995. Citado en "Quinoa, el grano de los Andes". Comité de Exportación de Quinoa. La Paz-Bolivia.
- KENT, N. 1983. Technology of Cereals. Third Edition. Pergamon Press. Oxford, New York.

- LESCANO, J. L. 1994. Genética y Mejoramientos de Cultivos Andinos. Programa Interinstitucional de Waru Waru. Convenio: INADE/PELT-COTESU. Puno-Perú.
- MATISSEK, R.; SCHNEPEL, F. M.; STEINER, G. 1992. Análisis de los Alimentos; Fundamentos - Métodos – Aplicaciones. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.
- MENCIA, M.; YAMAL, E.; QUERO, G. 2003. Evaluación del Porcentaje de Aprovechamiento de Materia Prima y la Eficiencia Termica de Hornos para Producir Vidrio Fundido. Departamento de Ingeniería Química, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Estado Carabobo, Venezuela.
- MINAG-OIA, 2000. Ministerio de agricultura, Oficina de Información Agraria, Cadena Productiva de Quinoa y Kañihua. Puno.
- MINISTERIO DE SALUD, 1996. Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Lima-Perú.
- MUJICA, A. 1993. Cultivo de Quinoa Instituto Nacional de Investigación Agraria. Serie-Manual N°=0.11-93 Lima-Perú.
- MUJICA, A.; ISE, JACOBSEN. 2000. Agrobiodiversidad de las Aynokas de Quinoa (*chenopodium quinoa willd*) y la Seguridad Alimentaria.
- MUJICA, A. 2003. Ecología Agricultura y Economía Campesina del Sur del Perú en Convenio con la Fundación Alemana para el Desarrollo Internacional, MINAG. Puno.
- MUJICA, A.; ORTIZ, R.; BONIFACIO, A.; SARAVIA, R.; CORREDOR, G.; ROMERO, A.; JACOBSEN, S. 2006. Agroindustria de la Quinoa (*chenopodium quinoa willd*) en los países Andinos. Puno-Perú.
- NIELSEN SUZANE, S. 1994. Introduction to the Chemical Analysis. Jones and Bartlett Publishers.
- OSBORNE, D.R.; VOOGT, P. 1978. Análisis de los Nutrientes de los Alimentos. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.

- PEARSON, D. 1981. Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos. 3ra reimpresión. Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España.
- QUÍMICA QUIRÚRGICA, SACI. 2001
- QUINUA EL GRANO DE LOS ANDES. Comité de Exportación de Quinua. La Paz-Bolivia
- REPO-CARRASCO, R. 1992. Cultivos Andinos y la Alimentación Infantil. Ed. Didi Arteta S.A. Lima-Perú
- REPO-CARRASCO, R. 1998. Introducción a la Ciencia y Tecnología de Cereales y Granos Andinos. Lima –Perú.
- SINGH, R. P. Y HELDMAN, D. R. 1993. Introducción a la Ingeniería de los Alimentos. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza España.
- TAPIA, *et. al.* 1979. Quinua y Kañihua Cultivos Andinos. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID). Instituto Americano de Ciencias Agrícolas (IICA). Editorial IICA. Bogotá-Colombia.
- TELLERÍA, L. M. 1977. Estudio Comparativo del Efecto del Tratamiento Térmico en la Composición Química de la Quinua, La Paz-Bolivia.
- TOLEDO, R. T. 1991. Fundamentals of Food Process Engineering. 2nd. Edition. Van Nostrand-Reinhold.
- TORREZ, M.; GUZMAN, A.; CARVAJAL, R. 2002. Valoración Nutricional de 10 Variedades de Quinua (*Chenopodium Quinoa Willd*) del Altiplano Boliviano. La Paz Bolivia. Vol. X
- UNALM, 1998. Seminario-Taller Agro biodiversidad en la Región Andina y Amazónica, 24-25 noviembre. Lima-Perú.
- UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Departamento de Tecnología de Alimentos. Asignatura Análisis de Alimentos. Actualizado por Prof. Myrna Medina
- WAHLI, CH. 1990. Quinua, Hacia su Cultivo Comercial. Latinreco S. A. Quito, Ecuador.
- <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt2006/07-Tecnologicas/2006-T-094.pdf>.

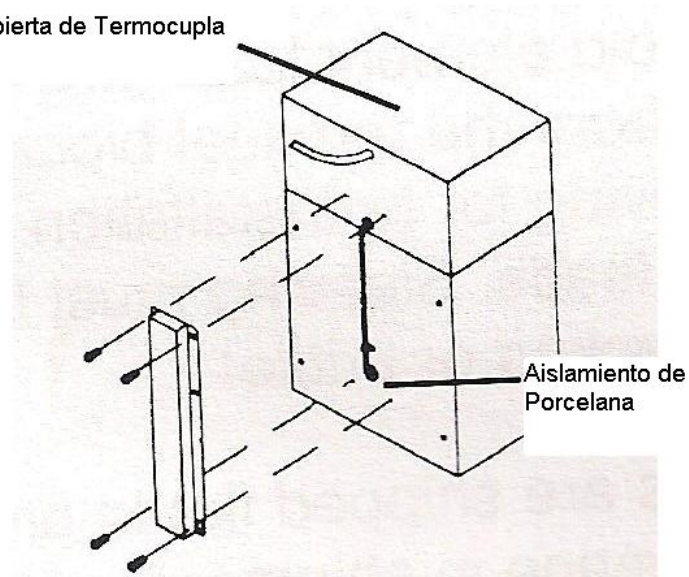


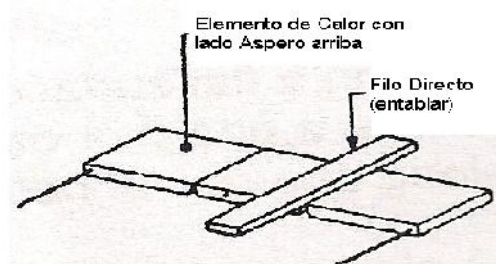
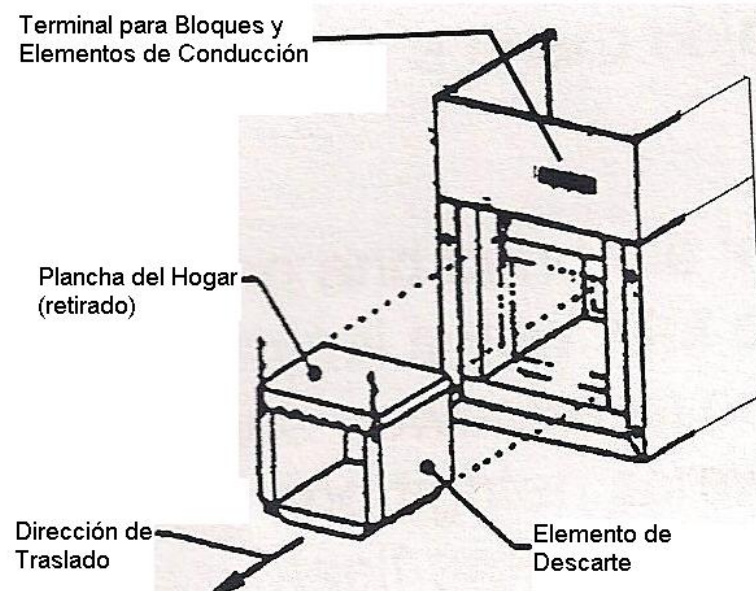
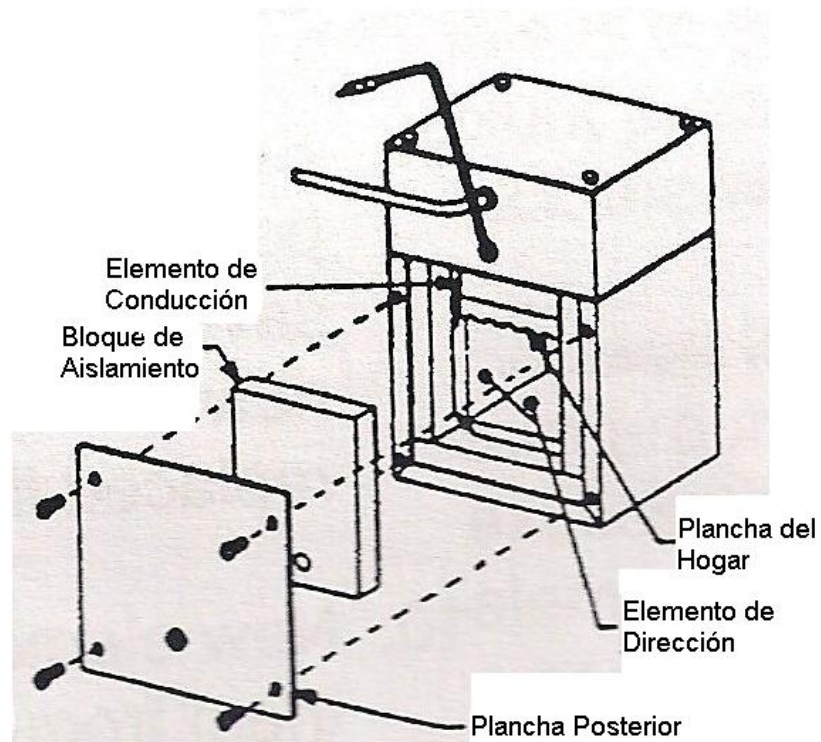
ANEXO 01: HORNO MUFLA MODELO FB1410-M

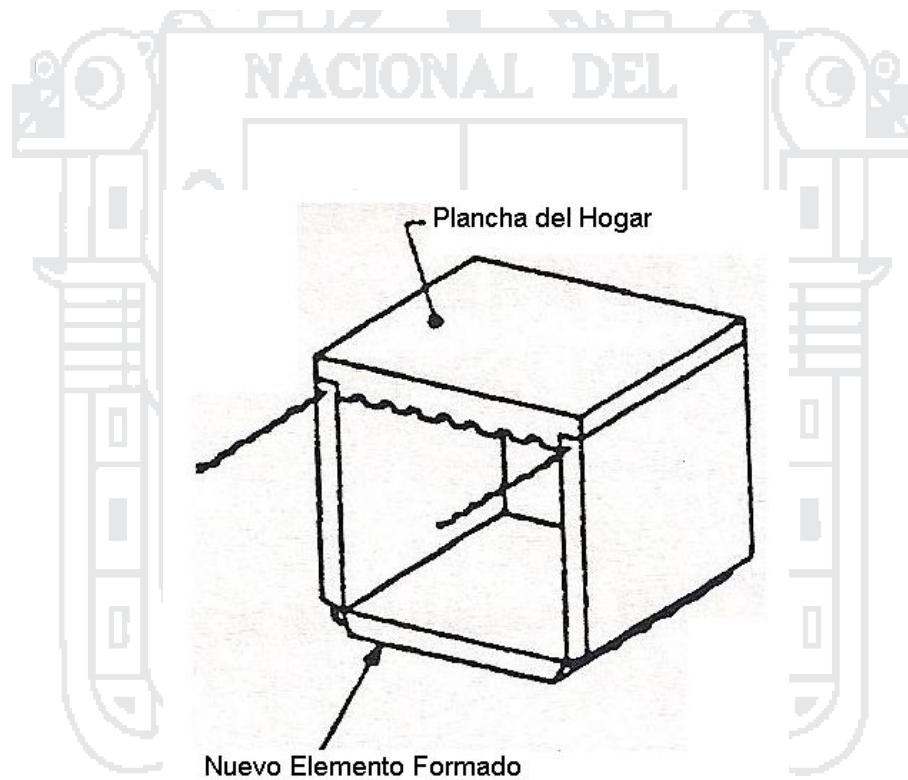
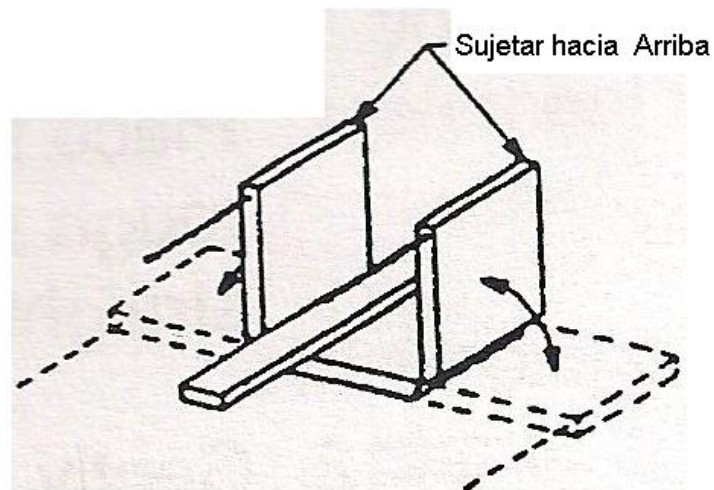


ANEXO 02: COMPONENTES DEL HORNO MUFLA MODELO FB1410-M

Cubierta de Termocupla

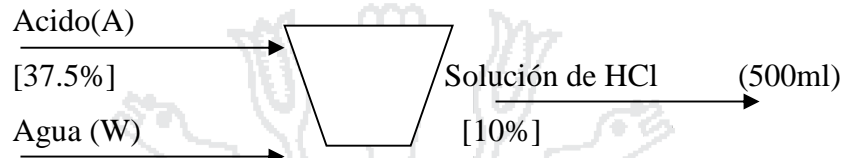






**ANEXO 03: CÁLCULO DE LA DILUCIÓN DEL ÁCIDO CLORHÍDRICO (HCl)
AL 10% DE CONCENTRACIÓN PARA LA DETERMINACION
DE CENIZAS SOLUBLES E INSOLUBLES EN ÁCIDO**

a) por balance de masa:



➤ balance general de masa:

$$A + W = 500$$

➤ balance de ácido:

$$A (0.375) + W (0) = 500 (0.1)$$

$$A = 133.33 \text{ ml}$$

➤ Reemplazando en el balance general de masa:

$$A + W = 500$$

$$133.33 + W = 500$$

$$W = 366.67 \text{ ml}$$

*Entonces se utilizará 133.33 ml de HCl y 366.67 ml de agua dando un resultado de 500ml aforados

b) por concentración de soluciones

➤ para la preparación de una solución de 500 ml de HCl al 10%

$$V_1 (\text{concentración}) = V_2 (\text{concentración})$$

$$V_1 (37.5\%) = 500 \text{ml} (10\%)$$

$$V_1 = 133.33 \text{ ml}$$

*Por lo tanto la cantidad de agua será:

$$500 \text{ml} - 133.33 \text{ml} = 366.67 \text{ml}$$

ANEXO 04: CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS CINCO VARIEDADES DE QUINUA

Variedad	Peso muestra (gr)	Peso muestra seca (gr)	Pérdida en peso (gr)	% Humedad
Pasankalla	10,0370	9,2067	0,8303	8,2724
Illpa- INIA	10,0050	9,1919	0,8131	8,1269
Kancolla	10,0177	9,0806	0,9371	9,3544
Blanca de Juli	10,0070	9,1555	0,8515	8,5090
Salcedo-INIA	10,0030	9,1550	0,8480	8,4775

El contenido de humedad para cada variedad de quinua fue calculado con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad (agua)} = \frac{\text{pérdida en peso (g)}}{\text{peso de muestra (g)}} \times 100$$

$$\% \text{ materia seca} = 100 - \% \text{ humedad}$$

ANEXO 05: CONTENIDO DE CENIZAS TOTALES EN CADA PARÁMETRO

Cuadro 01. Contenido de Cenizas Totales Incineradas a 500°C x 2 horas

Variedad	Peso Muestra(g)	Peso ceniza (g)	% Ceniza
Pasankalla	2,0101	0,0659	3,2784
Illpa INIA	2,0099	0,0632	3,1444
Kancolla	2,0014	0,0644	3,2177
Blanca de Juli	2,0095	0,0650	3,2346
Salcedo INIA	2,0102	0,0580	2,8853

Cuadro 02. Contenido de Cenizas Totales Incineradas a 500°C x 3 horas

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso ceniza (g)	% Ceniza
Pasankalla	2,0007	0,0655	3,2739
Illpa INIA	2,0402	0,0614	3,0080
Kancolla	2,0084	0,0632	3,1468
Blanca de Juli	2,0336	0,0628	3,0881
Salcedo INIA	2,0065	0,0576	2,8707

Cuadro 03. Contenido de Cenizas Totales Incineradas a 500°C x 4 horas

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso ceniza (g)	% Ceniza
Pasankalla	2,0029	0,0630	3,1454
Illpa INIA	2,0123	0,0600	2,9817
Kancolla	2,0114	0,0620	3,0824
Blanca de Juli	2,0055	0,0619	3,0865
Salcedo INIA	2,0047	0,0560	2,7934

Cuadro 04. Contenido de Cenizas Totales Incineradas a 550°C x 2 horas

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso ceniza (g)	% Ceniza
Pasankalla	2,0044	0,0650	3,2429
Illpa INIA	2,006	0,0616	3,0708
Kancolla	2,0078	0,0645	3,2125
Blanca de Juli	2,0007	0,0640	3,1989
Salcedo INIA	2,0088	0,0560	2,7877

Cuadro 05. Contenido de Cenizas Totales Incineradas a 550°C x 3 horas

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso ceniza (g)	% Ceniza
Pasankalla	2,0003	0,0616	3,0795
Illpa INIA	2,0081	0,0598	2,9779
Kancolla	2,0022	0,0639	3,1915
Blanca de Juli	2,0177	0,0616	3,0530
Salcedo INIA	2,0022	0,0551	2,7520

Cuadro 06. Contenido de Cenizas Totales Incineradas a 550°C x 4 horas

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso ceniza (g)	% Ceniza
Pasankalla	2,0362	0,0612	3,0056
Illpa INIA	2,0114	0,0560	2,7841
Kancolla	2,0069	0,0616	3,0694
Blanca de Juli	2,0312	0,0604	2,9736
Salcedo INIA	2,0013	0,0542	2,7082

Cuadro 07. Contenido de Cenizas Totales Incineradas a 600°C x 2 horas

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso ceniza (g)	% Ceniza
Pasankalla	2,0338	0,0622	3,0583
Illpa INIA	2,1594	0,0645	2,9869
Kancolla	2,0075	0,0599	2,9838
Blanca de Juli	2,0637	0,0625	3,0285
Salcedo INIA	2,0016	0,0543	2,7128

Cuadro 08. Contenido de Cenizas Totales Incineradas a 600°C x 3 horas

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso ceniza (g)	% Ceniza
Pasankalla	2,0487	0,0620	3,0263
Illpa INIA	2,0576	0,0593	2,8820
Kancolla	2,0188	0,0586	2,9027
Blanca de Juli	2,0368	0,0599	2,9409
Salcedo INIA	2,0114	0,0528	2,6250

Cuadro 09. Contenido de Cenizas Totales Incineradas a 600°C x 4 horas

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso ceniza (g)	% Ceniza
Pasankalla	2,0231	0,0596	2,9460
Illpa INIA	2,0095	0,0560	2,7868
Kancolla	2,0177	0,0564	2,7953
Blanca de Juli	2,0564	0,0572	2,7816
Salcedo INIA	2,0038	0,0492	2,4553

ANEXO 06: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE CENIZAS TOTALES DE LAS CINCO VARIEDADES DE QUINUA (%)

VARIEDAD (BLOQUE)	TEMPERATURA (T)									x̄ Bloque
	500 °C			550 °C			600 °C			
	TIEMPO			TIEMPO			TIEMPO			
	2 hr.	3 hr.	4 hr.	2 hr.	3 hr.	4 hr.	2 hr.	3 hr.	4 hr.	
P (I)	3,2784	3,2739	3,1454	3,2429	3,0795	3,0056	3,0583	3,0263	2,9460	3,1174
I (II)	3,1444	3,0080	2,9817	3,0708	2,9779	2,7841	2,9869	2,8820	2,7868	2,9581
K (III)	3,2177	3,1468	3,0824	3,2125	3,1915	3,0694	2,9838	2,9027	2,7953	3,0669
B (IV)	3,2346	3,0881	3,0865	3,1989	3,0530	2,9736	3,0285	2,9409	2,7816	3,0429
S (V)	2,8853	2,8707	2,7934	2,7877	2,7520	2,7082	2,7128	2,6250	2,4553	2,7323

Donde:

- P = Pasankalla (bloque I)
 I = Illpa INIA (bloque II)
 K = Kancolla (bloque III)
 B = Blanca de Juli (bloque IV)
 S = Salcedo INIA (bloque V)

**ANEXO 07: CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES E INSOLUBLES EN
AGUA DE LAS CINCO VARIEDADES DE QUINUA**

Cuadro 10. Cenizas Solubles e Insolubles en Agua de 500°C x 2 hr.

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso Cen. Insol. Agua (g)	% Ceniza Insol. Agua	% Ceniza Sol. Agua
Pasankalla	2,0101	0,0218	1,0842	2,1942
Illpa INIA	2,0099	0,0208	1,0358	2,1086
Kancolla	2,0014	0,0239	1,1941	2,0236
Blanca de Juli	2,0095	0,0237	1,1798	2,0548
Salcedo INIA	2,0102	0,0179	0,8901	1,9952

Cuadro 11. Cenizas Solubles e Insolubles en Agua de 500°C x 3 hr.

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso Cen. Insol. Agua (g)	% Ceniza Insol. Agua	% Ceniza Sol. Agua
Pasankalla	2,0007	0,0219	1,0949	2,1790
Illpa INIA	2,0402	0,0186	0,9112	2,0968
Kancolla	2,0084	0,0236	1,1769	1,9699
Blanca de Juli	2,0336	0,0224	1,1033	1,9848
Salcedo INIA	2,0065	0,0188	0,9367	1,9340

Cuadro 12. Cenizas Solubles e Insolubles en Agua de 500°C x 4 hr.

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso Cen. Insol. Agua (g)	% Ceniza Insol. Agua	% Ceniza Sol. Agua
Pasankalla	2,0029	0,01979	0,9882	2,1572
Illpa INIA	2,0123	0,01801	0,8950	2,0867
Kancolla	2,0114	0,02272	1,1298	1,9526
Blanca de Juli	2,0055	0,02321	1,1572	1,9293
Salcedo INIA	2,0047	0,01819	0,9074	1,8860

Cuadro 13. Cenizas Solubles e Insolubles en Agua de 550°C x 2 hr.

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso Cen. Insol. Agua (g)	% Ceniza Insol. Agua	% Ceniza Sol. Agua
Pasankalla	2,0044	0,0230	1,1479	2,0950
Illpa INIA	2,006	0,0194	0,9651	2,1057
Kancolla	2,0078	0,0212	1,0551	2,1574
Blanca de Juli	2,0007	0,0219	1,0934	2,1055
Salcedo INIA	2,0088	0,0174	0,8669	1,9208

Cuadro 14. Cenizas Solubles e Insolubles en Agua de 550°C x 3 hr.

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso Cen. Insol. Agua (g)	% Ceniza Insol. Agua	% Ceniza Sol. Agua
Pasankalla	2,0003	0,0198	0,9898	2,0897
Illpa INIA	2,0081	0,0180	0,8942	2,0837
Kancolla	2,0022	0,0223	1,1145	2,0770
Blanca de Juli	2,0177	0,0203	1,0038	2,0492
Salcedo INIA	2,0022	0,0173	0,8654	1,8866

Cuadro 15. Cenizas Solubles e Insolubles en Agua de 550°C x 4 hr.

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso Cen. Insol. Agua (g)	% Ceniza Insol. Agua	% Ceniza Sol. Agua
Pasankalla	2,0362	0,0203	0,9969	2,0087
Illpa INIA	2,0114	0,0159	0,7926	1,9915
Kancolla	2,0069	0,0218	1,0850	1,9844
Blanca de Juli	2,0312	0,0204	1,0059	1,9677
Salcedo INIA	2,0013	0,0174	0,8693	1,8389

Cuadro 16. Cenizas Solubles e Insolubles en Agua de 600°C x 2 hr.

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso Cen. Insol. Agua (g)	% Ceniza Insol. Agua	% Ceniza Sol. Agua
Pasankalla	2,0338	0,0206	1,0131	2,0452
Illpa INIA	2,1594	0,0199	0,9215	2,0654
Kancolla	2,0075	0,0198	0,9870	1,9968
Blanca de Juli	2,0637	0,0215	1,0397	1,9888
Salcedo INIA	2,0016	0,0181	0,9042	1,8086

Cuadro 17. Cenizas Solubles e Insolubles en Agua de 600°C x 3 hr.

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso Cen. Insol. Agua (g)	% Ceniza Insol. Agua	% Ceniza Sol. Agua
Pasankalla	2,0487	0,0206	1,0055	2,0208
Illpa INIA	2,0576	0,0184	0,8934	1,9886
Kancolla	2,0188	0,0187	0,9248	1,9779
Blanca de Juli	2,0368	0,0199	0,9747	1,9662
Salcedo INIA	2,0114	0,0167	0,8296	1,7954

Cuadro 18. Cenizas Solubles e Insolubles en Agua de 600°C x 4 hr.

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso Cen. Insol. Agua (g)	% Ceniza Insol. Agua	% Ceniza Sol. Agua
Pasankalla	2,0231	0,0193	0,9539	1,9921
Illpa INIA	2,0095	0,0172	0,8555	1,9313
Kancolla	2,0177	0,0169	0,8367	1,9586
Blanca de Juli	2,0564	0,0175	0,8518	1,9298
Salcedo INIA	2,0038	0,0161	0,8032	1,6521

**ANEXO 08: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES EN
AGUA DE LAS CINCO VARIEDADES DE QUINUA (%)**

VARIEDAD (BLOQUE)	TEMPERATURA (T)									\bar{x} Bloque
	500 °C			550 °C			600 °C			
	TIEMPO			TIEMPO			TIEMPO			
	2 hr.	3 hr.	4 hr.	2 hr.	3 hr.	4 hr.	2 hr.	3 hr.	4 hr.	
P (I)	2,1942	2,1790	2,1572	2,0950	2,0897	2,0087	2,0452	2,0208	1,9921	2,0869
I (II)	2,1086	2,0968	2,0867	2,1057	2,0837	1,9915	2,0654	1,9886	1,9313	2,0509
K (III)	2,0236	1,9699	1,9526	2,1574	2,0770	1,9844	1,9968	1,9779	1,9586	2,0109
B (IV)	2,0548	1,9848	1,9293	2,1055	2,0492	1,9677	1,9888	1,9662	1,9298	1,9973
S (V)	1,9952	1,9340	1,8860	1,9208	1,8866	1,8389	1,8086	1,7954	1,6521	1,8575

**ANEXO 09: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE CENIZAS INSOLUBLES EN
AGUA DE LAS CINCO VARIEDADES DE QUINUA (%)**

VARIEDAD (BLOQUE)	TEMPERATURA (T)									\bar{x} Bloque
	500 °C			550 °C			600 °C			
	TIEMPO			TIEMPO			TIEMPO			
	2 hr.	3 hr.	4 hr.	2 hr.	3 hr.	4 hr.	2 hr.	3 hr.	4 hr.	
P (I)	1,0842	1,0949	0,9882	1,1479	0,9898	0,9969	1,0131	1,0055	0,9539	1,0305
I (II)	1,0358	0,9112	0,8950	0,9651	0,8942	0,7926	0,9215	0,8934	0,8555	1,9071
K (III)	1,1941	1,1769	1,1298	1,0551	1,1145	1,0850	0,9870	0,9248	0,8367	1,0560
B (IV)	1,1798	1,1033	1,1572	1,0934	1,0038	1,0059	1,0397	0,9747	0,8518	1,0455
S (V)	0,8901	0,9367	0,9074	0,8669	0,8654	0,8693	0,9042	0,8296	0,8032	0,8748

Donde:

- P = Pasankalla (bloque I)
 I = Illpa INIA (bloque II)
 K = Kancolla (bloque III)
 B = Blanca de Juli (bloque IV)
 S = Salcedo INIA (bloque V)

**ANEXO 10: CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES E INSOLUBLES EN
ACIDO**

Cuadro 19. Cenizas Solubles e Insolubles en Acido de 500°C x 2 hr.

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso cen. Insol. Acido	% Ceniza Insol. Acido	% Ceniza Sol. Acido
Pasankalla	2,0101	0,0231	1,1479	2,1305
Illpa INIA	2,0099	0,0238	1,1817	1,9627
Kancolla	2,0014	0,0230	1,1492	2,0685
Blanca de Juli	2,0095	0,0222	1,1038	2,1308
Salcedo INIA	2,0102	0,0214	1,0646	1,8207

Cuadro 20. Cenizas Solubles e Insolubles en Acido de 500°C x 3 hr.

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso cen. Insol. Acido	% Ceniza Insol. Acido	% Ceniza Sol. Acido
Pasankalla	2,0007	0,0227	1,1345	2,1394
Illpa INIA	2,0402	0,0238	1,1687	1,8393
Kancolla	2,0084	0,0219	1,0905	2,0563
Blanca de Juli	2,0336	0,0208	1,0228	2,0653
Salcedo INIA	2,0065	0,0202	1,0076	1,8631

Cuadro 21. Cenizas Solubles e Insolubles en Acido de 500°C x 4 hr.

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso cen. Insol. Acido	% Ceniza Insol. Acido	% Ceniza Sol. Acido
Pasankalla	2,0029	0,02242	1,1193	2,0261
Illpa INIA	2,0123	0,02325	1,1554	1,8263
Kancolla	2,0114	0,02020	1,0043	2,0781
Blanca de Juli	2,0055	0,02020	1,0073	2,0792
Salcedo INIA	2,0047	0,01988	0,9918	1,8016

Cuadro 22. Cenizas Solubles e Insolubles en Acido de 550°C x 2 hr.

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso cen. Insol. Acido	% Ceniza Insol. Acido	% Ceniza Sol. Acido
Pasankalla	2,0044	0,0220	1,0961	2,1468
Illpa INIA	2,006	0,0222	1,1067	1,9641
Kancolla	2,0078	0,0224	1,1153	2,0972
Blanca de Juli	2,0007	0,0218	1,0896	2,1093
Salcedo INIA	2,0088	0,0201	1,0007	1,7870

Cuadro 23. Cenizas Solubles e Insolubles en Acido de 550°C x 3 hr.

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso cen. Insol. Acido	% Ceniza Insol. Acido	% Ceniza Sol. Acido
Pasankalla	2,0003	0,0204	1,0199	2,0596
Illpa INIA	2,0081	0,0215	1,0695	1,9084
Kancolla	2,0022	0,0218	1,0866	2,1049
Blanca de Juli	2,0177	0,0215	1,0636	1,9894
Salcedo INIA	2,0022	0,0198	0,9894	1,7626

Cuadro 24. Cenizas Solubles e Insolubles en Acido de 550°C x 4 hr.

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso cen. Insol. Acido	% Ceniza Insol. Acido	% Ceniza Sol. Acido
Pasankalla	2,0362	0,0203	0,9979	2,0077
Illpa INIA	2,0114	0,0200	0,9967	1,7874
Kancolla	2,0069	0,0202	1,0090	2,0604
Blanca de Juli	2,0312	0,0210	1,0316	1,9420
Salcedo INIA	2,0013	0,0194	0,9715	1,7367

Cuadro 25. Cenizas Solubles e Insolubles en Acido de 600°C x 2 hr.

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso cen. Insol. Acido	% Ceniza Insol. Acido	% Ceniza Sol. Acido
Pasankalla	2,0338	0,0236	1,1587	1,8996
Illpa INIA	2,1594	0,0236	1,0928	1,8941
Kancolla	2,0075	0,0221	1,0987	1,8851
Blanca de Juli	2,0637	0,0230	1,1158	1,9127
Salcedo INIA	2,0016	0,0209	1,0452	1,6676

Cuadro 26. Cenizas Solubles e Insolubles en Acido de 600°C x 3 hr.

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso cen. Insol. Acido	% Ceniza Insol. Acido	% Ceniza Sol. Acido
Pasankalla	2,0487	0,0215	1,0494	1,9769
Illpa INIA	2,0576	0,0221	1,0744	1,8076
Kancolla	2,0188	0,0220	1,0909	1,8118
Blanca de Juli	2,0368	0,0216	1,0625	1,8784
Salcedo INIA	2,0114	0,0205	1,0193	1,6057

Cuadro 27. Cenizas Solubles e Insolubles en Acido de 600°C x 4 hr.

Variedad	Peso Muestra (g)	Peso cen. Insol. Acido	% Ceniza Insol. Acido	% Ceniza Sol. Acido
Pasankalla	2,0231	0,0202	0,9960	1,9500
Illpa INIA	2,0095	0,0198	0,9867	1,8001
Kancolla	2,0177	0,0200	0,9895	1,8058
Blanca de Juli	2,0564	0,0205	0,9954	1,7862
Salcedo INIA	2,0038	0,0197	0,9838	1,4715

**ANEXO 11: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE CENIZAS SOLUBLES EN
ACIDO DE LAS CINCO VARIEDADES DE QUINUA (%)**

VARIEDAD (BLOQUE)	TEMPERATURA (T)									\bar{x} Bloque
	500 °C			550 °C			600 °C			
	TIEMPO			TIEMPO			TIEMPO			
	2 hr.	3 hr.	4 hr.	2 hr.	3 hr.	4 hr.	2 hr.	3 hr.	4 hr.	
P (I)	2,1305	2,1394	2,0261	2,1468	2,0596	2,0077	1,8996	1,9769	1,9500	2,0374
I (II)	1,9627	1,8393	1,8263	1,9641	1,9084	1,7874	1,8941	1,8076	1,8001	1,8656
K (III)	2,0685	2,0563	2,0781	2,0972	2,1049	2,0604	1,8851	1,8118	1,8058	1,9965
B (IV)	2,1308	2,0653	2,0792	2,1093	1,9894	1,9420	1,9127	1,8784	1,7862	1,9881
S (V)	1,8207	1,8631	1,8016	1,7870	1,7626	1,7367	1,6676	1,6057	1,4715	1,7241

**ANEXO 12: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE CENIZAS INSOLUBLES EN
ACIDO DE LAS CINCO VARIEDADES DE QUINUA (%)**

VARIEDAD (BLOQUE)	TEMPERATURA (T)									\bar{x} Bloque
	500 °C			550 °C			600 °C			
	TIEMPO			TIEMPO			TIEMPO			
	2 hr.	3 hr.	4 hr.	2 hr.	3 hr.	4 hr.	2 hr.	3 hr.	4 hr.	
P (I)	1,1479	1,1345	1,1193	1,0961	1,0199	0,9979	1,1587	1,0494	0,9960	1,0800
I (II)	1,1817	1,1687	1,1554	1,1067	1,0695	0,9967	1,0928	1,0744	0,9867	1,0925
K (III)	1,1492	1,0905	1,0043	1,1153	1,0866	1,0090	1,0987	1,0909	0,9895	1,0704
B (IV)	1,1038	1,0228	1,0073	1,0896	1,0636	1,0316	1,1158	1,0625	0,9954	1,0547
S (V)	1,0646	1,0076	0,9918	1,0007	0,9894	0,9715	1,0452	1,0193	0,9838	1,0082

Donde:

- P = Pasankalla (bloque I)
 I = Illpa INIA (bloque II)
 K = Kancolla (bloque III)
 B = Blanca de Juli (bloque IV)
 S = Salcedo INIA (bloque V)



ANEXO 13: TABLAS UTILIZADAS

Tabla 01: PROPIEDADES FISICAS DEL AIRE

T (°C)	T (K)	ρ (Kg/m ³)	C_p (KJ/kg.K)	$\mu \times 10^{-5}$ (Pa.s, o Kg/m.s)	k (W/m.K)	N_{Pr}	$\alpha \times 10^{-3}$ (1/K)
-17,8	255,4	1,379	1,0048	1,62	0,02250	0,720	3,92
0	273,2	1,293	1,0048	1,72	0,02423	0,715	3,65
10,0	283,2	1,246	1,0048	1,78	0,02492	0,713	3,53
37,8	311,0	1,137	1,0048	1,90	0,02700	0,705	3,22
65,6	338,8	1,043	1,0090	2,03	0,02925	0,702	2,95
93,3	366,5	0,964	1,0090	2,15	0,03115	0,694	2,74
121,1	394,3	0,985	1,0132	2,27	0,03323	0,692	2,54
148,9	422,1	0,838	1,0174	2,37	0,03531	0,689	2,38
176,7	449,9	0,785	1,0216	2,50	0,03721	0,687	2,21
204,4	477,6	0,740	1,0258	2,60	0,03894	0,686	2,09
232,2	505,4	0,700	1,0300	2,71	0,04084	0,684	1,98
260,0	533,2	0,662	1,0341	2,80	0,04258	0,680	1,87
310,0	583,2	0,594	1,0415	2,96	0,04571	0,673	1,67

Fuente: Geankoplis (1995)

Tabla 02: CONSTANTES PARA LA ECUACION DE CONVECCION NATURAL

<i>Geometria física</i>	$(N_{Gr} \times N_{Pr})$	a	m	<i>Ref.</i>
Planos y cilindros verticales [altura vertical L < 1m (3 pies)]	< 10 ⁴	1,36	1/4	(P1)
	10 ⁴ - 10 ⁹	0,59	1/4	(M1)
	> 10 ⁹	0,13	1/4	(M1)
Cilindros horizontales [diámetro D usado para L y D < 0,20m (0,66 pies)]	< 10 ⁻⁵	0,49	0	(P1)
	10 ⁻⁵ - 10 ⁻³	0,71	1/4	(P1)
	10 ⁻³ - 1	1,09	1/4	(P1)
	1 - 10 ⁴	1,09	1/4	(P1)
	10 ⁴ - 10 ⁹	0,53	1/4	(M1)
	> 10 ⁹	0,13	1/4	(P1)
Placas horizontales Superficie superior de placas calentadas o superficie inferior de placas enfriadas	10 ⁵ - 2 x 10 ⁷	0,54	1/4	(M1)
	2 x 10 ⁷ - 3 x 10 ¹⁰	0,14	1/4	(M1)
Superficie inferior de placas calentadas o superficie superior de placas enfriadas	10 ⁵ - 10 ¹¹	0,58	1/4	(F1)

Fuente: Geankoplis (1995)

Tabla 03: CONDUCTIVIDAD TERMICA DE LA FIBRA DE CERÁMICA REFRACTARIA

Material	Espesor (L)	Conductividad térmica (k)
Tabla de fibra cerámica refractaria	2 pulgadas	0.17 W/mK
Tabla de fibra cerámica refractaria	1 pulgada	0.17 W/mK
Colchoneta de fibra cerámica refractaria	2 pulgadas	0.18 W/mK

Fuente: Buelna y Zuñiga, (2009)

ANEXO 14: PROCESO DE DETERMINACIÓN DE CENIZAS



Figura 01. Variedad de Quinoa
Kancolla

Figura 02. Variedad de Quinoa
Blanca de Juli





Figura 03. Variedad de Quinoa
Salcedo-INIA



Figura 04. Variedad de Quinoa
Illpa -INIA



Figura 05. Variedad de Quinoa
Pasankalla

Figura 06. Proceso de molienda



Figura 07. Crisoles en campana de desecación



Figura 08. Comparación de residuos de filtrado de cenizas insolubles en agua



Figura 09. Comparación de residuos de filtrado de cenizas insolubles en ácido

