

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA QUÍMICA – PETROQUÍMICA – AMBIENTAL Y ALIMENTOS



PROYECTO DE GRADO

**“OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO EN POLVO A PARTIR DE LA
DESHIDRATACIÓN DE LA ULUPICA (*Capsicum cardenassi*)”**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

Univ. VARGAS MEJILLONES Jenny Silvana

Tutor: Ing. GÓNGORA BELTRÁN Jesús

La Paz – Bolivia

Agosto, 2019



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

Accept the things you can not change.
Have the courage to change the things you can.
And the wisdom to know the difference.

Agradecimiento

Agradecer primero a Dios, por ser parte primordial de mi vida, por estar conmigo, por darme fuerzas para seguir adelante, por estar presente en cada paso que doy y por darme el mejor regalo que un ser humano puede recibir una gran familia.

A mi familia, por su amor incondicional, por demostrarme siempre que a pesar de los obstáculos y adversidades de la vida, siempre hay que mirar de frente, ver el lado positivo y no dejarse vencer por nada.

A mi docente tutor, por guiarme y por ser un excelente docente en el transcurso de estos años, a todos los docentes de la carrera por sus conocimientos y capacidades transmitidos. Al Instituto de investigaciones procesos químicos IIDEPROQ, a los docentes y a los encargados que me ayudaron.

A mis amigos(as) por su apoyo, su amistad, consejos y por acompañarme en esta etapa.

Dedicatoria

A Dios.

A mis adorados padres Esperanza y Bernardo.

A mi hermano Pablo.

Uno especial a mi mamita Ali (†) que ahora está al lado de Dios

Resumen

Este trabajo se realizó con la finalidad de obtener los parámetros de secado por convección forzada, para obtener ulupica deshidratada sin que esta pierda por completo sus propiedades.

Dentro de las condiciones para realizar la deshidratación por convección forzada de la ulupica (*Capsicum cardenasii*), la temperatura, la velocidad del flujo del aire y las condiciones del fruto (entero o en partes) tienen una importante influencia en el proceso.

Inicialmente se realizó una caracterización de las propiedades físicas y químicas de la materia prima, posteriormente se procedió a las pruebas exploratorias: Temperatura (45, 50, 60, y 70°C) de los cuales se eligió el rango más adecuado. Método de escaldado (utilizando escaldado de fruto a temperatura de ebullición, sales de cloruro de sodio, sales de carbonato de sodio a una temperatura de secado de 60°C, de los cuales se eligió el método más apropiado y flujo de aire, respecto a la velocidad de flujo de aire esta fue evaluada a 0,59; 1,59 [L/s].

Posteriormente de las pruebas exploratorias, se realizó un diseño experimental donde las variables independientes fueron la temperatura, el flujo de aire y el método de escaldado del fruto obteniendo las condiciones óptimas para la deshidratación de ulupica (*Capsicum cardenasii*). Obteniéndose una humedad de equilibrio de 0,063 [Kg agua/Kg solido seco], una humedad de 6,508%, con un tiempo de trabajo de 5,50 [h].

Finalmente se realizó la molienda, tamizado el producto deshidratado y caracterización del producto final, cumpliéndose con los objetivos propuestos.

Abstract

This work was accomplished out in order to obtain the parameters of drying by forced convection, to obtain dried ulupica without losing their properties.

Within the conditions to carry out dehydration by forced convection of the ulupica (*capsicum cardenasii*), temperature, the speed of the air flow and the conditions of the fruit (whole or in parts) have a significant influence on the process.

Initially a characterization of the physical and chemical properties of the raw material was performed, then he proceeded to screening tests: Temperature (45, 50, 60 and 70° C) which will choose the most appropriate range. Method of blanching (using parboiled fruit at temperature of boiling point of sodium chloride salts, salts of sodium carbonate to a drying temperature of 60° C, which will choose the most appropriate method, and air flow, with respect to the speed of air flow was evaluated between 0.59 and 1.59 [l/s].

Later of the exploratory testing, was an experimental design where the independent variables were temperature, air flow and the method of blanching the fruit getting the optimal conditions for the dehydration of ulupica (*Capsicum cardenasii*). Obtaining a balance of 0,063 humidity [Kg water/Kg dry solid], 6,508% humidity, with a 5.50 working time [h].

Finally, grinding was carried out, sieving the dehydrated product and characterization of the final product, complying with the proposed goals.

INDICE

Agradecimiento	i
Dedicatoria	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
INDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS	xx
Capítulo 1	1
1. Introducción	1
1.1 Planteamiento del problema. -	2
1.2 Objetivos. -	2
1.2.1 Objetivo General. -	2
1.2.2 Objetivos Específicos. -	2
1.3 Justificación. -	2
1.3.1 Justificación Técnica. -	2
1.3.2 Justificación Económica. -	3
1.3.3 Justificación Social. -	3
1.3.4 Justificación Ambiental. -	4
1.3.5 Justificación Académica. -	4
Capítulo 2	5
2 Diagnóstico de producción, comercialización y disponibilidad de la ulupica (Capsicum cardenassii)	5
2.1 Escenario de la producción y comercialización de la ulupica.....	5

2.2	Análisis de los factores para la elección de la localización - El cultivo de la ulupica.....	7
2.2.1	Clima /Temperatura.....	7
2.2.2	Humedad	8
2.2.3	Suelo.....	8
2.2.4	Calidad de agua de riego	8
2.3	Estacionalidad de la ulupica.....	8
2.4	Evaluación de la localización. -	9
2.5	Problemática de la producción y comercialización de la ulupica (Capsicum cardenassii).-.....	13
2.5.1	Técnicas o estrategias. -	14
2.5.2	Sistemas de producción de ulupica (Capsicum cardenassii). -.....	19
2.5.3	Los sistemas de comercialización de la ulupica. -.....	20
2.5.4	Áreas sembradas y la disponibilidad en el mercado. -.....	20
2.5.5	Proceso de transformación. -	21
2.6	Abastecimiento de la materia prima. -.....	21
Capítulo 3	24
3	Fundamento Teórico.....	24
3.1	Escaldado. -.....	24
3.1.1	Objetivos del escaldado. -	24
3.1.2	Métodos de escaldado. -	25
3.1.2.1	Escaldado en agua caliente. -.....	25
3.1.2.2	Escaldado con vapor. -	25
3.1.2.3	Escaldado químico. -.....	25
3.2	Secado. -.....	27
3.2.1	Cinética de secado. -.....	28
3.2.1.1	Periodo de velocidad constante. -	29

3.2.1.2	Periodo de velocidad de secado decreciente. -	30
3.2.1.3	Segundo periodo de velocidad decreciente	30
3.2.2	Nomenclatura del proceso de secado	31
3.2.2.1	El aire	31
3.2.2.2	Humedad Absoluta.....	31
3.2.2.3	Humedad Relativa.....	31
3.2.2.4	Contenido de humedad en base húmeda	32
3.2.2.5	Contenido de humedad en base seca	32
3.2.2.6	Equilibrio.....	33
3.2.2.7	Solidos insolubles.....	33
3.2.2.8	Humedad de equilibrio (X^*).....	34
3.2.2.9	Humedad libre ($X-X^*$).....	34
3.2.2.10	Humedad límite	34
3.2.2.11	Humedad no límite	34
3.2.3	Curvas de secado.....	34
3.2.4	Efectos del secado en productos biológicos. -	36
3.2.4.1	Textura. -	36
3.2.4.2	Olor. -.....	36
3.2.4.3	Color. -.....	37
3.2.4.4	Valor Nutritivo. -.....	37
3.3	Secadores utilizados: Clasificación. -.....	37
3.3.1	Secadores directos o convectivos. -	38
3.3.2	Secadores por conducción o indirectos. -.....	38
3.3.3	Secadores por radiación. -	38
3.3.4	Secadores dieléctricos. -	39
3.4	Molienda y tamizado. -.....	40

3.4.1	Módulo de fineza. -	40
3.4.2	Diámetro de partícula. -	41
3.5	Vida Útil. -	41
3.6	Almacenamiento. -	41
3.7	Material de empaque. -	42
Capítulo 4	43
4	Materiales y Métodos	43
4.1	Descripción del sitio experimental.....	43
4.2	Materia Prima. -	43
4.3	Equipos y reactivos.....	44
4.4	Metodología a emplear. -	44
4.4.1	Selección de la materia prima	44
4.4.2	Preparación de la muestra	44
4.5	Caracterización de la materia prima. -	45
4.5.1	Determinación de las propiedades físicas del fruto	45
4.5.2	Determinación de las propiedades fisicoquímicas del fruto. -	45
4.5.2.1	Sólidos solubles totales.....	46
4.5.2.2	Acidez Titulable	47
4.5.2.3	Humedad	47
4.5.2.4	Método por secado en estufa	48
4.5.3	Cenizas	49
4.5.3.1	Cenizas totales.....	49
4.5.4	Grasa	50
4.5.5	Proteína	50
4.5.6	Fibra Cruda.....	50
4.5.7	Hidratos de Carbono	52

4.5.8	Densidad.....	52
4.6	Obtención de los datos experimentales del proceso de secado.-.....	53
4.6.1	Descripción del túnel de secado. -.....	53
4.6.1.1	Pruebas Exploratorias - Preliminares. -.....	53
4.6.1.2	Diseño Experimental. -.....	54
4.6.1.3	Determinación de las curvas de secado. -.....	55
4.6.2	Molienda y Tamizado. -.....	56
4.6.3	Caracterización del producto final. -.....	56
4.6.4	Envasado y Almacenamiento. -.....	56
4.6.5	Análisis Microbiológico. -.....	56
4.7	Molienda.....	57
4.8	Tamizado.....	57
Capítulo 5	58
5	Resultados y discusión.....	58
5.1	Caracterización de la ulupica (<i>Capsicum cardenasii</i>).....	58
5.1.1	Características organolépticas.....	58
5.1.2	Tamaño.....	58
5.1.3	Peso.....	59
5.1.4	Sólidos Solubles (°Brix).....	60
5.1.5	Acidez Titulable.....	60
5.1.6	Determinación de la humedad. -.....	61
5.1.6.1	Determinación de la humedad método de la balanza de humedad.....	62
5.1.6.2	Determinación de humedad método de secado en estufa.....	62
5.1.7	Cenizas Totales.....	63
5.1.8	Materia Grasa.....	64
5.1.9	Proteínas.....	64

5.1.10	Fibra Cruda	66
5.1.11	Hidratos de Carbono.....	67
5.1.11.1	Hidratos de Carbono.....	67
5.1.12	Valor Energético	67
5.1.13	Densidad	68
5.2	Pruebas preliminares en el secado de la Ulupica (<i>Capsicum cardenasii</i>)	69
5.3	Pruebas de secado. -.....	71
5.3.1	Resultados para una muestra tratada a 40°C.-	71
5.3.2	Resultados para la muestra tratada a 50°C.-	73
5.3.3	Resultados para la muestra tratada a 60°C.-	75
5.3.4	Resultados para la muestra tratada a 70°C.-	77
5.3.5	Comparación de los resultados a diferentes temperaturas. -.....	79
5.4	Pruebas de tratamiento térmico. -	81
5.4.1	Resultado para la muestra tratada con tratamiento térmico. -	81
5.4.2	Resultado para la muestra tratada con tratamiento térmico NaCl. -	83
5.4.3	Resultado para la muestra tratada con Na ₂ CO ₃ .-.....	85
5.4.4	Comparación de los resultados a diferentes tratamientos térmicos. -	87
5.5	Desarrollo del diseño experimental. -.....	88
5.5.1	Análisis de varianza. -	90
5.5.2	Análisis Gráfico.-	92
5.5.2.1	Gráfica normal de efectos estandarizados para la humedad.-	92
5.5.2.2	Pareto para la humedad. -	93
5.5.2.3	Gráfica de efectos principales para la humedad. -.....	94
5.5.2.4	Gráfica de interacción para la humedad. -	94
5.5.2.5	Gráfica de cubos (medias ajustadas) para la humedad. -	95
5.5.2.6	Verificación de supuestos. -.....	96

5.5.2.7	Gráfica de probabilidad normal. -	96
5.5.2.8	Gráfica de residuos versus orden para la humedad. -	97
5.5.2.9	Gráfica de residuos versus ajustes para la humedad. -	98
5.5.2.10	Optimización de la respuesta. -	98
5.6	Obtención de las curvas optimas del proceso de secado.-	99
5.7	Molienda y Tamizado. -	102
5.8	Caracterización del producto final.-	104
5.8.1	Grados Brix del producto final	104
5.8.2	Acidez del producto final	105
5.8.3	Humedad del producto final. -	105
5.8.4	Cenizas Totales del producto final	106
5.8.5	Materia grasa del producto final	106
5.8.6	Proteínas del Producto Final	107
5.8.7	Fibra cruda del producto final	107
5.8.8	Hidratos de carbono del producto final.-	108
5.8.9	Valor Energético del producto final.-	108
5.9	Envasado y Almacenamiento.-	109
5.10	Análisis del producto final.-	109
5.10.1	Evaluación Sensorial.-	109
5.10.2	Análisis Microbiológico. -	110
6	Conclusiones	111
7	Recomendaciones	113
8	Bibliografía	114
9	Anexos	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Zonas productoras de ají en el departamento de La Paz	7
Figura 2.2. Municipio de Sapahaqui.....	12
Figura 2.3. Áreas sembradas de ulupica	12
Figura 2.4. Áreas sembradas en serranías de Sapahaqui.....	12
Figura 2.5. Proceso de transformación de ulupica	21
Figura 2.6. Cadena de abastecimiento de ulupica	22
Figura 4.1. Proveedor de materia prima	43
Figura 4.2. Selección de la materia prima	44
Figura 4.3. Tornillo micrométrico.....	45
Figura 4.4. Refractómetro Digital	46
Figura 4.5. Titulación con NaOH.....	47
Figura 4.6. Termobalanza	48
Figura 4.7. Estufa utilizada para la determinación de humedad	48
Figura 4.8. Determinación de humedad método de secado en estufa	48
Figura 4.9. Muestras secas	49
Figura 4.10. Determinación de cenizas, muestras en mufla	49
Figura 4.11. Muestras calcinadas en el desecador	49
Figura 4.12. Determinación de Cenizas.....	50
Figura 4.13. Determinación de grasas.....	50
Figura 4.14. Primera digestión con solución caliente de H ₂ SO ₄	51
Figura 4.15. Filtración al vacío con embudo Buchner	51
Figura 4.16. Segunda digestión con solución caliente de NaOH.....	51
Figura 4.17. Filtración al vacío con embudo Gooch	52
Figura 4.18. Secador de bandeja.....	53
Figura 5.1. Balance de materia de ulupica deshidratada a 40°C	72

Figura 5.2. Balance de materia para la ulupica deshidratada a 50°C.....	74
Figura 5.3. Balance de materia para la ulupica deshidratada a 60°C.....	76
Figura 5.4. Balance de materia para la ulupica deshidratada a 70°C.....	78
Figura 5.5. Balance de materia para ulupica deshidratada con tratamiento térmico.....	82
Figura 5.6. Balance de materia para ulupica deshidratada con tratamiento de escaldado NaCl	84
Figura 5.7. Balance de materia para ulupica deshidratada con tratamiento térmico de Na ₂ CO ₃	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Disponibilidad de la ulupica (<i>Capsicum cardenassii</i>) en Santa Cruz.....	5
Tabla 2.2. Disponibilidad de la ulupica (<i>Capsicum cardenassii</i>) en Cochabamba	6
Tabla 2.3. Disponibilidad de la ulupica (<i>Capsicum cardenassii</i>) en La Paz.....	6
Tabla 2.4. Disponibilidad de la ulupica (<i>Capsicum cardenassii</i>) en Chuquisaca.....	6
<i>Tabla 2.5.</i> Estacionalidad de la materia prima.....	9
Tabla 2.6. Factores relevantes para la localización.	10
Tabla 2.7. Calificación en base a los factores relevantes	10
Tabla 2.8. Variables sujetas a estudio y evaluación.....	14
Tabla 2.9. Diagnóstico de la producción – Primera parte.....	15
Tabla 2.10. Diagnóstico de la producción – Segunda parte.....	16
Tabla 2.11. Diagnóstico de la comercialización – Tercera Parte	16
Tabla 2.12. Diagnóstico de la comercialización – Cuarta Parte.....	17
Tabla 2.13. Capacitación – Quinta Parte	18
Tabla 2.14. Grado de instrucción de los productores – Sexta Parte.....	18
Tabla 3.1. Tiempo de escaldado de algunos alimentos	26
Tabla 3.2. Tipos de secadores.....	39
Tabla 4.1. Género y Especie de la materia prima	43
Tabla 4.2. Caracterización Física de la materia prima.	45
Tabla 4.3. Caracterización Fisicoquímica de la materia prima.....	46
Tabla 5.1. Características Organolépticas.....	58
Tabla 5.2. Determinación de tamaño.....	58
Tabla 5.3. Determinación de peso	59
Tabla 5.4. Determinación de sólidos solubles	60
Tabla 5.5. Acidez Titulable	61
Tabla 5.6. Determinación de humedad, método balanza de humedad	62

Tabla 5.7. Determinación de humedad, método de secado en estufa.....	62
Tabla 5.8. Comparación de resultados (humedad)	63
Tabla 5.9. Determinación de cenizas totales	63
Tabla 5.10. Comparación de resultados (cenizas)	64
Tabla 5.11. Determinación de materia grasa.....	64
Tabla 5.12. Comparación de resultados (materia grasa)	64
Tabla 5.13. Determinación del porcentaje de nitrógeno en la muestra.....	65
Tabla 5.14. Determinación de Proteínas	65
Tabla 5.15. Comparación de resultados (proteínas)	66
Tabla 5.16. Determinación del contenido de fibra en la muestra	66
Tabla 5.17. Comparación de resultados (fibra cruda)	67
Tabla 5.18. Comparación de resultados (Hidratos de carbono)	67
Tabla 5.19. Determinación de la densidad	68
Tabla 5.20. Composición Fisicoquímica de ulupica por cada 100 gramos de porción comestible	69
Tabla 5.21. Porcentajes de Humedad con diferentes tratamientos térmicos	70
Tabla 5.22 Humedad de equilibrio, humedad crítica y tiempo crítico	79
Tabla 5.23. Duración de los periodos de secado [h] a diferentes temperaturas.	80
Tabla 5.24. Variables de entrada	88
Tabla 5.25. Valores de trabajo	89
Tabla 5.26. Variables de respuesta	89
Tabla 5.27. Matriz de trabajo Primer bloque.....	89
Tabla 5.28. Matriz de trabajo Segundo bloque.....	90
Tabla 5.29. Diseño factorial completo.....	90
Tabla 5.30. Análisis de Varianza.....	91
Tabla 5.31. Resumen del modelo.	92

Tabla 5.32. Optimización de la respuesta HUMEDAD	98
Tabla 5.33. Resultados para obtener curvas de secado – Primera hora.....	99
Tabla 5.34. Resultados para obtener curvas de secado – Segunda, tercera y cuarta hora .	100
Tabla 5.35. Resultados para obtener curvas de secado –quinta hora y media.....	101
Tabla 5.36. Análisis granulométrico por tamizado de polvo de Ulupica.	103
Tabla 5.37. Porcentaje masa de polvo de Ulupica que pasa por el tamiz respectivo.	103
Tabla 5.38. Análisis Granulométrico	104
Tabla 5.39. Determinación de grados brix de la muestra final.	104
Tabla 5.40. Determinación de acidez titulable de la muestra final.....	105
Tabla 5.41. Determinación de humedad del producto final.....	105
Tabla 5.42. Determinación de cenizas del producto final.....	106
Tabla 5.43. Determinación de materia grasa del producto final.....	106
Tabla 5.44. Determinación de nitrógeno del producto final.	107
Tabla 5.45. Determinación de proteínas del producto final.	107
Tabla 5.46. Determinación de fibra cruda del producto final.....	107
Tabla 5.47. Composición fisicoquímica del producto final	108
Tabla 5.48. Análisis Fisicoquímico.....	109
Tabla 5.49. Análisis sensorial del producto final.....	110
Tabla 5.50. Análisis microbiológico para especias y condimentos.	110
Tabla 5.51. Análisis microbiológico.....	110
Tabla 6.1. Composición fisicoquímica de ulupica fresca.....	111
Tabla 6.2. Composición fisicoquímica de ulupica deshidratada	112
Tabla 9.1. Reactivos Utilizados.....	120
Tabla 9.2. Equipos Utilizados.....	120
Tabla 9.3. Materiales Utilizados	121
Tabla 9.4. Resultados primera hora de secado a 40°C.....	134

Tabla 9.5. Resultados segunda y tercera hora de secado a 40°C.....	134
Tabla 9.6. Resultados cuarta, quinta, sexta y séptima hora de secado a 40°C	135
Tabla 9.7. Resultados primera hora de secado a 50°C.....	136
Tabla 9.8. Resultados segunda y tercera hora de secado a 50°C.....	136
Tabla 9.9. Resultados cuarta y quinta hora de secado a 50°C.....	137
Tabla 9.10. Resultados primera hora de secado a 60°C	138
Tabla 9.11. Resultados segunda y tercera hora de secado a 60°C.....	138
Tabla 9.12. Resultados cuarta y quinta hora de secado a 60°C.....	139
Tabla 9.13. Resultados primera hora de secado a 70°C	140
Tabla 9.14. Resultados segunda y tercera hora de secado a 70°C.....	140
Tabla 9.15. Resultados cuarta y quinta hora de secado a 70°C.....	141
Tabla 9.16. Resultados primera hora de secado muestra con tratamiento térmico	142
Tabla 9.17. Resultados segunda y tercera hora de secado muestra con tratamiento térmico	142
Tabla 9.18. Resultados cuarta y quinta hora de secado muestra con tratamiento térmico...	143
Tabla 9.19. Resultados primera hora de secado muestra tratada con NaCl	144
Tabla 9.20. Resultados segunda y tercera hora de secado muestra tratada con NaCl	144
Tabla 9.21. Resultados cuarta y quinta hora de secado muestra tratada con NaCl	145
Tabla 9.22. Resultados primera hora de secado muestra tratada con Na ₂ CO ₃	146
Tabla 9.23. Resultados segunda y tercera hora de secado muestra tratada con Na ₂ CO ₃ ..	146
Tabla 9.24. Resultados cuarta, quinta, sexta y séptima hora de secado muestra tratada con Na ₂ CO ₃	147

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1. Evaluación para la localización	11
Gráfico 2.2. Diagnóstico de la producción de ulupica – Primera parte	15
Gráfico 2.3. Diagnóstico de la producción de ulupica – Segunda Parte	16
Gráfico 2.4. Diagnóstico de la comercialización de ulupica – Tercera Parte	17
Gráfico 2.5. Diagnóstico de la comercialización de ulupica – Cuarta Parte	17
Gráfico 2.6. Diagnóstico de la comercialización de ulupica – Quinta Parte.....	18
Gráfico 2.7. Grado de instrucción de los productores – Sexta Parte	19
Gráfico 5.1. Curva de secado a 40°C	71
Gráfico 5.2. Velocidad de secado a 40°C	72
Gráfico 5.3. Curva de secado a 50°C	73
Gráfico 5.4. Velocidad de secado a 50°C	74
Gráfico 5.5. Curva de secado a 60°C	75
Gráfico 5.6. Velocidad de secado a 60°C	76
Gráfico 5.7. Curva de secado a 70°C	77
Gráfico 5.8. Velocidad de secado a 70°C	78
Gráfico 5.9. Curva de secado a diferentes temperaturas.....	79
Gráfico 5.10. Velocidad de secado a diferentes temperaturas	80
Gráfico 5.11. Curva de secado para muestra con tratamiento térmico.....	81
Gráfico 5.12. Velocidad de secado para muestra con tratamiento térmico	82
Gráfico 5.13. Curva de secado para muestra tratada con salmuera NaCl	83
Gráfico 5.14. Velocidad de secado para muestra tratada con salmuera NaCl	84
Gráfico 5.15. Curva de secado para muestra tratada con salmuera Na ₂ CO ₃	85
Gráfico 5.16. Velocidad de secado para muestra tratada con salmuera Na ₂ CO ₃	86
Gráfico 5.17. Curvas de secado a diferentes tratamientos térmicos	87
Gráfico 5.18. Curva de velocidad de secado a diferentes tratamientos térmicos.....	87

Gráfico 5.19. Gráfico normal de efectos estandarizados.	93
Gráfico 5.20. Diagrama de Pareto.	93
Gráfico 5.21. Gráfico de efectos principales.	94
Gráfico 5.22. Gráfico de Interacción de efectos.	95
Gráfico 5.23. Gráfico de cubos	96
Gráfico 5.24. Probabilidad normal.....	97
Gráfico 5.25. Residuos VS. Orden.....	97
Gráfico 5.26. Residuos VS. Ajustes.	98
Gráfico 5.27. Optimización de respuesta.....	99
Gráfico 5.28. Velocidad de secado VS. Humedad de la muestra.	101
Gráfico 5.29. Humedad de la muestra VS. Tiempo de secado.	102

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Departamento de La Paz- Provincia Loayza – Municipio de Sapahaqui.....	118
Anexo 2: Formulario de identificación de planta.....	119
Anexo 3: Materiales y Reactivos.....	120
Anexo 4: Formulario Localización – Producción – Comercialización.....	122
Anexo 5: Formulario de análisis fisicoquímico INLASA.....	124
Anexo 6: Formulario de análisis microbiológico INLASA	125
Anexo 7: Determinación de los sólidos solubles de la muestra	126
Anexo 8: Determinación de la acidez de la muestra	127
Anexo 9: Determinación de la humedad de la muestra (Termo-balanza)	128
Anexo 10: Determinación de la humedad de la muestra (Estufa).....	129
Anexo 11: Determinación de las cenizas totales de la muestra.....	130
Anexo 12: Determinación de la grasa total de la muestra.....	131
Anexo 13: Determinación de las proteínas de la muestra.....	132
Anexo 14: Determinación de la fibra cruda de la muestra	133
Anexo 15: Tiempo de secado para una muestra tratada a 40°C	134
Anexo 16: Tiempo de secado para una muestra tratada a 50°C	136
Anexo 17: Tiempo de secado para una muestra tratada a 60°C.....	138
Anexo 18: Tiempo de secado para una muestra tratada a 70°C	140
Anexo 19: Tiempo de secado para una muestra con tratamiento de escaldado.....	142
Anexo 20: Tiempo de secado para una muestra tratada con NaCl	144
Anexo 21: Tiempo de secado para una muestra tratada con Na ₂ CO ₃	146
Anexo 22: Formulario – Reconocimiento y comparación del olor	148
Anexo 23: Formulario – Reconocimiento y comparación del color	149

Glosario de términos

HR: humedad relativa

t: tiempo de secado

X₀: Humedad inicial

X_f: Humedad final

X_c: Humedad critica

N: Velocidad de secado

A: Superficie del sólido expuesta al secado

X_i^m: Es la fracción masica de cada componente i

ρ_i: Es la densidad de cada componente i

V: Volumen gastado en la titulación [mL]

N: Normalidad de la solución usada para la titulación [(eq - g)/L]

E: Factor de corrección del Acido cítrico (0,064)

A: Alicuota de la muestra [mL]

m: masa de la muestra [g]

Y_m: Humedad Absoluta

P_A: Presión parcial del vapor de agua.

P_B: Presión parcial del aire seco.

P_T: Presión ambiental.

M_A y M_B: Peso molecular del agua y del aire seco respectivamente.

P_{VA}: Presión parcial del vapor de agua pura a la temperatura establecida.

φ: Humedad relativa.

X: Contenido de humedad en base seca

X: Contenido de humedad en base húmeda

X: Humedad de equilibrio*

S_s : Peso del solido seco

$i = 0,1,2,3, \dots, n$

MF = Número Adimensional Módulo de fineza

f_i = Factor de ponderación

W_i = Fracción o porcentaje de peso retenido en cada tamiz

f = Es un número natural creciente, el cual afecta el peso retenido en cada tamiz, en orden ascendente.

D = Diametro promedio de las particulas [mm]

Capítulo 1

1. Introducción

El secado en los alimentos ha sido empleado desde hace mucho tiempo como método de conservación, sus orígenes se relacionan cuando nació la necesidad de almacenar y preservar los alimentos (restantes) de (las) producciones estacionarias. Actualmente, se cuenta con equipos industriales que facilitan la deshidratación de los alimentos, en donde los métodos modernos se basan en el secado por aire caliente y secado por liofilización para reducir el contenido de agua. Independientemente del método que se emplea, para deshidratar un alimento existen variables dentro del proceso que inciden positiva o negativamente sobre el alimento y por tanto determinan las características del producto final, como el color, la cantidad de agua, el valor nutricional, entre otros.

El secado de la ulupica (ají), entre otros, en nuestro país, es de manera tradicional, exponiendo los frutos al sol, a las incidencias del suelo, contaminantes y desperdicios, sin ningún control técnico-sanitario, lo que se ve reflejado en la calidad del producto final; no certificando la inocuidad del producto, que puede afectar a la salud de los consumidores.

La deshidratación técnica, tiene ventajas sobre el secado al sol, porque se manejan parámetros de control durante el flujo de operaciones, y se obtienen productos de buen color, con un satisfactorio grado de pungencia, estables y seguros.

Por otra parte, las condiciones climatológicas y edafológicas de Bolivia son idóneas para la producción de una variedad de cultivos, entre estos el ají; frutos que pertenecen al género *Capsicum* y de la cual forma parte la pequeña Ulupica (*Capsicum cardenasii*) que es considerada como la madre de todos los ajíes y a la cual no se le da mucha importancia, tiene una comercialización marginal debido a que su crecimiento es de manera silvestre y su consumo es en estado fresco a nivel local o autoconsumo, lo que limita el desarrollo del cultivo y el estímulo del productor.

Por lo tanto, el procesamiento de la ulupica bajo la forma de polvo deshidratado, generara valor agregado, incrementando la demanda de frutos, por la mayor captación de la producción. Esto generará un aumento en la superficie cultivada y un mejoramiento en la producción.

1.1 Planteamiento del problema. -

En Bolivia el cultivo de Ulupica es marginado, debido a que no se le da mucha importancia, no existen proyectos específicamente de transformación que permitan aprovechar este pequeño fruto, pese a su gran potencial para ser industrializado, muchas veces queda como desperdicio.

Por lo tanto, uno de los procesos para la conservación de la ulupica es el deshidratado, de la cual sus condiciones de proceso (deshidratación), no debe reducir críticamente las características principales y propiedades del producto final.

1.2 Objetivos. -

1.2.1 Objetivo General. -

Obtener polvo de ulupica a través del proceso de deshidratación y posterior molienda, para obtener los parámetros de deshidratado, los cuales no deben reducir las características principales en producto final.

1.2.2 Objetivos Específicos. -

- Realizar un diagnóstico actual de la producción y comercialización de la Ulupica (*Capsicum cardenasii*)
- Realizar un análisis sobre la cadena de abastecimiento de la materia prima, para mantener la continuidad del producto.
- Caracterizar fisicoquímicamente la materia prima, para determinar los parámetros de calidad.
- Realizar pruebas experimentales para el acondicionamiento del equipo de secado en laboratorio.
- Aplicar el diseño experimental, para realizar las pruebas experimentales de manera que se pueda obtener los mejores resultados.
- Determinar la curva de secado de la materia prima a nivel laboratorio.
- Caracterizar fisicoquímicamente el producto obtenido, para promocionar la información de calidad del producto final.

1.3 Justificación. -

1.3.1 Justificación Técnica. -

Como en la mayoría de los productos frescos, la ulupica (*Capsicum cardenasii*) tiene un tiempo de vida útil limitada, por lo que se puede utilizar métodos de procesamiento para

extender su vida útil, entre estos métodos se encuentra el deshidratado, sin embargo, unas condiciones inadecuadas de deshidratado pueden traducirse en pérdidas de producto o deficiente calidad en el producto final.

De este modo, para garantizar la calidad del producto deshidratado, se realizaran pruebas en un secador de bandejas que trabaja entre los rangos de temperatura de 40, 50, 60 y 70 [°C]; un flujo de aire de 0,60 y 1,30 [m/s]. Mediante el diseño experimental se evalúa las interacciones de la temperatura, el flujo de aire y la influencia del escaldado, para obtener las variables óptimas que nos permita obtener los mejores resultados en el producto final.

La deshidratación por aire caliente es el principal método de secado de este tipo de frutos y la calidad final es un factor muy importante para su comercialización, fijación de precios y la aceptación por parte del consumidor.

Los resultados de la investigación se pueden aplicar en beneficio de la agroindustria, medicina, etc; que está alcanzando un notable desarrollo en el país.

El desarrollo de este trabajo de investigación permitirá:

- Verificar si las teorías generales de secado se cumplen en el caso de la Ulupica.
- Lograr una nueva técnica de aprovechamiento de este fruto.

1.3.2 Justificación Económica. -

En Bolivia hay muy poca información sobre la ulupica, por ejemplo, no se sabe cuánto se produce, dónde se produce, las características de la planta, etc., a diferencia de otros productos, como el locoto y el ají, que han merecido una importante atención, para el desarrollo de cadenas productivas.

La ulupica deshidratada puede ser utilizada para el procesamiento de subproductos, solo enfocándonos en el área gastronómica podemos obtener diversos productos como ulupica en polvo, mezcla de condimentos, pasta de ulupica, etc. Sin embargo, también puede ser utilizada en la industria medicinal y química. Con lo que puede convertirse en la especie más popular generando ingresos a los sectores involucrados.

1.3.3 Justificación Social. -

Actualmente se empieza a reconocer la importancia de nuestros recursos y la necesidad de aprender a manejar mejor las técnicas mencionadas, por lo que los sectores involucrados necesitan de capacitación, asistencia técnica y/o tecnología en áreas de manejo,

producción, transformación y comercialización para la obtención de productos derivados, mediante la aplicación de nuevas técnicas.

1.3.4 Justificación Ambiental. -

Según Ricardo Torres gerente propietario de la INDUSTRIA BOLIVIANA DE PRODUCTOS ORGÁNICOS SRL “La ulupica es un producto silvestre que puede cultivarse, no daña los suelos, respeta el medio ambiente, puede compartir espacios con otros cultivos; y puede generar importantes ingresos económicos a comunidades productoras sin afectar sus costumbres ni cultura”.

1.3.5 Justificación Académica. -

Aprovechar los recursos que tiene el país, debe ser considerado un enfoque multidisciplinario ya que involucra diversos conocimientos y temáticas que son necesarios a lo largo de la investigación desde una etapa inicial hasta el procesamiento final, tomando en cuenta desde la tecnología, procesos, aprovechamiento y beneficio a la sociedad.

El presente trabajo desarrolla una propuesta metodológica basada en el diseño experimental para obtener los mejores parámetros en el proceso de secado. Acotando que se utilizara un paquete (programa) para el desarrollo del proceso.

Capítulo 2

2 Diagnóstico de producción, comercialización y disponibilidad de la ulupica (*Capsicum cardenassii*)

2.1 Escenario de la producción y comercialización de la ulupica.

Bolivia cuenta con una gran diversidad de frutos silvestres como ser la ulupica, dentro de la familia de los ajíes, sin embargo, no existe profusa información de estos cultivos. Chuquisaca es el departamento que se destaca entre los demás, ya que cuenta con un clima favorable para el crecimiento de este fruto.

El departamento de La Paz cuenta con pequeñas zonas productoras que abastecen el mercado local y se encuentran en los municipios de Mocomoco y Carabuco en la provincia Camacho; Ayata en la provincia Muñecas; Mecapaca en la provincia Murillo; Caranavi en la provincia del mismo nombre; Luribay, Sapahaqui y Yaco en la provincia Loayza. (Tabla 2.3)

Sin embargo, se puede apreciar que el abastecimiento, la producción y la comercialización se viene dando de manera desproporcionada, con una inadecuada distribución de oferta que no es atendida ni aprovechada de manera adecuada, lo que significa que el consumo tradicional de la ulupica vaya perdiendo fuerza, que las personas desconozcan su uso y finalmente vaya desapareciendo por la falta de la demanda.

Ante esta situación es necesario identificar la problemática de la cadena productiva, en los sistemas de producción y comercialización.

Tabla 2.1. Disponibilidad de la ulupica (*Capsicum cardenassii*) en Santa Cruz

Especie	Localidad	Provincia	Departamento
Ulupica Silvestre (<i>Capsicum baccatum</i>) Var. Baccatum	Aisapota, Abra de Quime	San Sebastián, Valle Grande	Santa Cruz

Fuente: Catalogo de recursos genéticos bolivianos de *Amaranthus*, *Capsicum*, *Cucurbitaceae*, *Lupinus* y *Phaseolus* del Herbario Nacional de Bolivia y al Movimiento Gastronómico Boliviano.

Tabla 2.2. Disponibilidad de la ulupica (*Capsicum cardenassii*) en Cochabamba

Especie	Localidad	Provincia	Departamento
Ulupica Silvestre (<i>Capsicum baccatum</i>) Var. <i>Baccatum</i>	Carrasco, La Habana, Villa Esperanza	Carrasco	Cochabamba

Fuente: Catalogo de recursos genéticos bolivianos de *Amaranthus*, *Capsicum*, *Cucurbitaceae*, *Lupinus* y *Phaseolus* del Herbario Nacional de Bolivia y al Movimiento Gastronómico Boliviano.

Tabla 2.3. Disponibilidad de la ulupica (*Capsicum cardenassii*) en La Paz

Especie	Localidad	Provincia	Departamento
Ulupica Silvestre (<i>Capsicum baccatum</i>), Ulupica Silvestre (<i>Capsicum cardenassii</i>)	Pucuma, Lurivay. Matara, Pisco, Sapahaqui, Yaco, Loayza, Palca, Mecapaca, Ayo Ayo.	Loayza, Aroma, Murillo.	La Paz

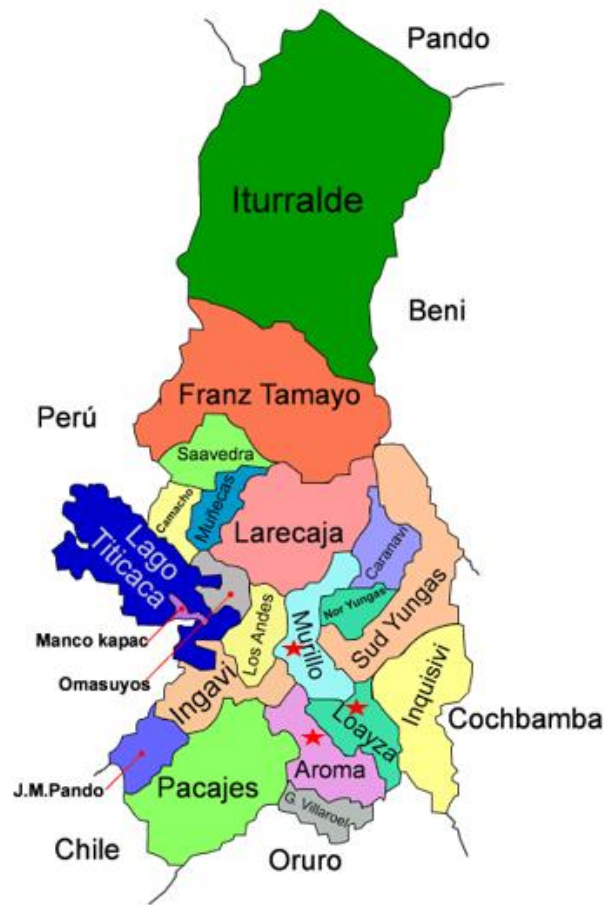
Fuente: Catalogo de recursos genéticos bolivianos de *Amaranthus*, *Capsicum*, *Cucurbitaceae*, *Lupinus* y *Phaseolus* del Herbario Nacional de Bolivia y al Movimiento Gastronómico Boliviano.

Tabla 2.4. Disponibilidad de la ulupica (*Capsicum cardenassii*) en Chuquisaca

Especie	Localidad	Provincia	Departamento
Ulupica Silvestre (<i>Capsicum cardenassii</i>), Ulupica Negra Neta (<i>Capsicum Eximium Hunz.</i>), Ulupica Tuna (<i>Capsicum Eximium Hunz.</i>), Ulupica Grande Hosca (<i>Capsicum Eximium Hunz.</i>), Ulupica Negra Semi-Hosca (<i>Capsicum Eximium Hunz.</i>), Ulupica Mucho (<i>Capsicum Eximium Hunz.</i>)	Monteagudo, Huacaeta, Muyupamapa, Villa Vaca Guzmán, Azurduy, San Lucas, Villa Serrano, Las Carreras, Padilla, El Villar y Villa Alcalá	Hernando Siles, Luis Calvo, Sud Cinti, Tomina, Azurduy, Nor Cinti	Chuquisaca

Fuente: Catalogo de recursos genéticos bolivianos de *Amaranthus*, *Capsicum*, *Cucurbitaceae*, *Lupinus* y *Phaseolus* del Herbario Nacional de Bolivia y al Movimiento Gastronómico Boliviano.

Figura 2.1. Zonas productoras de ají en el departamento de La Paz.



Fuente: Las cadenas de valor de los ajíes nativos de Bolivia.

2.2 Análisis de los factores para la elección de la localización - El cultivo de la ulupica

Los requerimientos que limitan la adaptación, desarrollo y producción de la ulupica en Bolivia, son la precipitación y la temperatura. Este cultivo demanda una cantidad de agua relativamente alta, sobre todo durante las etapas de floración, fructificación y llenado de fruto.

2.2.1 Clima /Temperatura

(Nuez, Gil, & Costa, 2003) El rango de temperaturas en el que se cultiva la especie *Capsicum* es en las zonas con temperaturas desde 18°C hasta 30°C.

La temperatura influye en su crecimiento, su fertilidad, e incluso en las dimensiones del fruto, de tal modo que este no se desarrollará correctamente.

Se desarrolla mejor en regiones con temperatura promedio superior a los 24°C poca variación entre las temperaturas diurnas y nocturnas. No tolera temperaturas menores a 18°C

ya que temperaturas inferiores detienen el crecimiento de la planta y causan malformación de los frutos (delgado y puntiagudo) además de la caída de las flores, temperaturas más altas provocan caída del fruto (rechoncho) y flores por quemadura y/o aborto.

2.2.2 Humedad

(Nuez, Gil, & Costa, 2003) En lo que a higrometría se refiere, el fruto *Capsicum* es muy sensible a niveles de humedad relativamente altos, siendo el nivel de humedad ideal de 50 a 70%. Niveles superiores favorecen a los ataques de plagas y el deterioro de la planta. Aun así es muy sensible a las condiciones de baja humedad y alta temperatura, que provocan una excesiva transpiración del fruto, que se manifiesta en la caída de las flores y frutos.

2.2.3 Suelo

(Turn, 2001) En cuanto a los suelos de textura fina, requiere que estos sean profundos, de baja salinidad, ricos en materia orgánica, bien aireados y, sobre todo, bien drenados. Puede resistir ciertas condiciones de acides hasta un pH de 5,5 a 6,6 y en un cultivo enarenado puede cultivarse con pH próximo a 8.

Es necesario una buena preparación del suelo de una profundidad aproximada de 40 a 50 centímetros, para una buena infiltración de agua, buen drenado, retención de humedad, aireación de suelo y manejo adecuado de malezas.

2.2.4 Calidad de agua de riego

(Hilaquita Chiquipa, 2006) El cultivo de ajíes demanda riego durante su ciclo de vida, el manejo de agua debe ser muy cuidadoso, porque un exceso o escases, llega a ser muy inapropiado para la planta.

2.3 Estacionalidad de la ulupica






Debido a la estacionalidad¹ de la producción de la ulupica se reduce a cinco meses. Según las personas que comercializan en el mercado local la materia prima llega hasta triplicar su valor cuando no es temporada de cosecha ya que empieza a escasear.

Las mejores cosechas se obtienen en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, cuando es temporada de lluvia, donde la cosecha se da en abundancia y esta puede ser encontrada en los mercados a un precio relativamente razonable, que es

¹ La estacionalidad de la materia prima se define como el tiempo el cual se tiene acceso a la materia prima y especifica el periodo del año en el que se trabaja con la producción.

aprovechado por restaurantes, familias, etc. A diferencia de los otros meses donde el precio se triplica.

Tabla 2.5. Estacionalidad de la materia prima

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Cosecha						
MES	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Cosecha						

Fuente: Elaboración Propia

La cosecha debe llevarse a cabo a los 5-6 meses de edad (verde- totalmente coloreada) además el fruto debe tener buena apariencia (luminosa- lustrosa-cerosa).

Figura N° 2.1. Estado de madurez



Fuente: Elaboración Propia

2.4 Evaluación de la localización. -

Es importante determinar el contexto de la producción del cultivo de la ulupica para identificar preliminarmente las áreas de cultivo de donde se dispondra la materia prima. Por lo que se han tomado en cuenta las características geográficas que presenta el estado plurinacional de Bolivia, dentro de ella el departamento de La Paz, las provincias seleccionadas son Loayza, Aroma y Murillo que son sujetas a un análisis cualitativo ponderado donde se analizan factores relevantes que se detallan a continuación.

La ulupica generalmente tiene como destino el autoconsumo, al no producirse a gran escala y al no dedicarle tiempo ni los recursos necesarios para obtener un mejor rendimiento,

este no cuenta con los ingresos significativos y cuando se obtienen mejores cosechas, estas son vendidas a los minoristas en el mercado local.

Los factores relevantes para la elección de la localización son:

Tabla 2.6. Factores relevantes para la localización.

Factor relevante	ITEM
Materia Prima	A
Clima/Temperatura	B
Humedad	C
Luminosidad	D
Calidad de suelo	E
Calidad de Agua de riego	F

Fuente: Elaboración Propia

Los municipios de la ciudad de La Paz seleccionados son:

Provincia: Aroma, Municipio: Ayo Ayo

Provincia: Loayza, Municipio: Sapahaqui

Provincia: Murillo, Municipio: Mecapaca

La información se recolecta según los municipios de donde las personas encargadas de comercializar cosechan ulupica. El puntaje es asignado por las mismas personas.

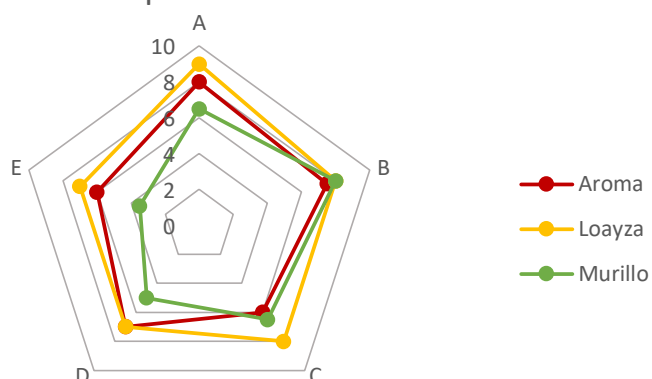
Tabla 2.7. Calificación en base a los factores relevantes

Factor relevante	ITEM	Aroma	Loayza	Murillo
Materia Prima	A	8	9	6,5
Clima/Temperatura	B	7,5	8	8
Humedad	C	6	8	6,5
Calidad de suelo	D	7	7	5
Calidad de Agua de riego	E	6	7	3,5
Total		34,5	39	29,5

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 2.1. Evaluación para la localización

Evaluación para la Localización



Fuente: Elaboración Propia

Cada serie representa a una provincia y las puntas de los gráficos en red representan los atributos que se están evaluando en la encuesta, donde se determina que el municipio de Sapahaqui es el mejor lugar, para tener acceso y disponibilidad de la materia prima.

Realizando la evaluación, las personas encuestadas afirman que existe una problemática principal en el municipio de Ayo Ayo que es el control de plagas y que afecta directamente a los cultivos, Sin embargo, las mismas afirman que el municipio de Sapahaqui cuenta con los recursos para obtener un buen cultivo, y estas pueden mejorar si se brinda capacitación oportuna a los trabajadores.

Las personas encuestadas dan a conocer que la problemática principal del municipio de Mecapaca es la calidad de suelo y el agua de riego misma que concentra aguas residuales de la ciudad de La Paz, las domesticas e incluso las de alcantarillado, problemática que afecta a los cultivos de ese municipio por lo que, según informes, un estrecho 12% de los cultivos son aceptables.

Por lo tanto, se escoge el municipio de Sapahaqui, que cumple con las mejores características de evaluación. Sin embargo, no se puede menospreciar a los otros municipios que se sometieron a evaluación, ni los otros departamentos donde existe producción, recalcar que esta evaluación solo se realiza con fines investigativos tomando una pequeña proporción para la evaluación (*Ver Anexo 1*).

Figura 2.2. Municipio de Sapahaqui



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2.3. Áreas sembradas de ulupica



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2.4. Áreas sembradas en serranías de Sapahaqui



Fuente: Elaboración Propia

2.5 Problemática de la producción y comercialización de la ulupica (*Capsicum cardenassii*).-

La ulupica perteneciente a la familia los frutos *Capsicum*, contiene el principio activo de capsaicina que se utiliza para la elaboración de aceites esenciales, en coloración de embutidos/telas, en la industria farmacéutica/cosmética, para bebidas gaseosas, alimentos balanceados para aves, ente otros. Asimismo, encontramos que existe un amplio mercado para la exportación de este producto ya sea en estado fresco deshidratado o ya procesado, siendo los principales compradores España, México, China, Estados Unidos.

El comercio juega un rol trascendental en la economía de la mayoría de los países, cuyos objetivos, son contribuir con la seguridad alimentaria, permitiendo un flujo continuo de abastecimiento de los alimentos a los mercados. Los canales de comercialización presentan varios circuitos, por donde se mueven los productos, y participan diversas personas e instituciones lo que permite conocer de manera sistemática el origen (productor) y su destino final (consumidor).

Sapahaqui cuenta con una importante oferta de productos, entre ellos la ulupica (*Capsicum cardenassii*), la misma que proviene en un porcentaje de pequeños productores que abastecen a los mercados de la ciudad y se espera que estos mejoren su situación tanto en la producción y comercialización; sin embargo, se puede apreciar que los pequeños productores aún no han logrado las mejoras esperadas, por ello es necesario identificar las problemáticas de los sistemas de producción y comercialización de la ulupica de los pequeños productores.

En los últimos años los frutos *capsicum* entre ellos la ulupica, tomaron mucha importancia, debido a la demanda creciente del mercado internacional y las condiciones climáticas favorables a su producción.

Para la elaboración del diagnóstico de la ulupica, se realiza una encuesta, ya que se tiene dificultades en cuanto a la recolección de información bibliográfica, estadística de su aceptación o rechazo, la comercialización y otros factores de este producto; a causa de que toda la información bibliográfica de este fruto, se relaciona implícitamente dentro de los ajíes en general, y no se dispone de datos específicos de la ulupica. El diagnóstico de los sistemas de producción y comercialización de la ulupica se ha desarrollado en Sapahaqui en los años 2017 y 2018. Esta parte de la investigación corresponde al diseño no experimental de carácter descriptivo.

2.5.1 Técnicas o estrategias. -

La recolección de la información es mediante el método de la encuesta, la técnica utilizada es la entrevista finalmente tenemos el cuestionario semielaborado con preguntas abiertas y cerradas que son el instrumento.

Encuestándose a sesenta personas entre ellos productores, comerciantes, floresteros de una variedad de plantas, consumidores, etc.

Para este se selecciona variables sujetas a estudio y evaluación.

Tabla 2.8. Variables sujetas a estudio y evaluación.

Variables	Puntos de análisis
Sistemas de producción del cultivo de ulupica	<ul style="list-style-type: none">• Áreas sembradas de ulupica por productor.• Tipo de organización.• Tipo y variedad de semilla utilizada.• Análisis de suelo.• Análisis de agua de riego.
Sistemas de comercialización.	<ul style="list-style-type: none">• Transformación y valor agregado.• Precio de venta.• Disponibilidad en el mercado.• Ulupica como alternativa de exportación.• Rentabilidad del cultivo.
Capacitación a los pequeños productores.	<ul style="list-style-type: none">• Grado de instrucción de los productores.• Capacitación en técnicas productivas del cultivo.• Conocimiento del uso de semillas.• Conocimiento en buenas prácticas.

Fuente: Elaboración Propia

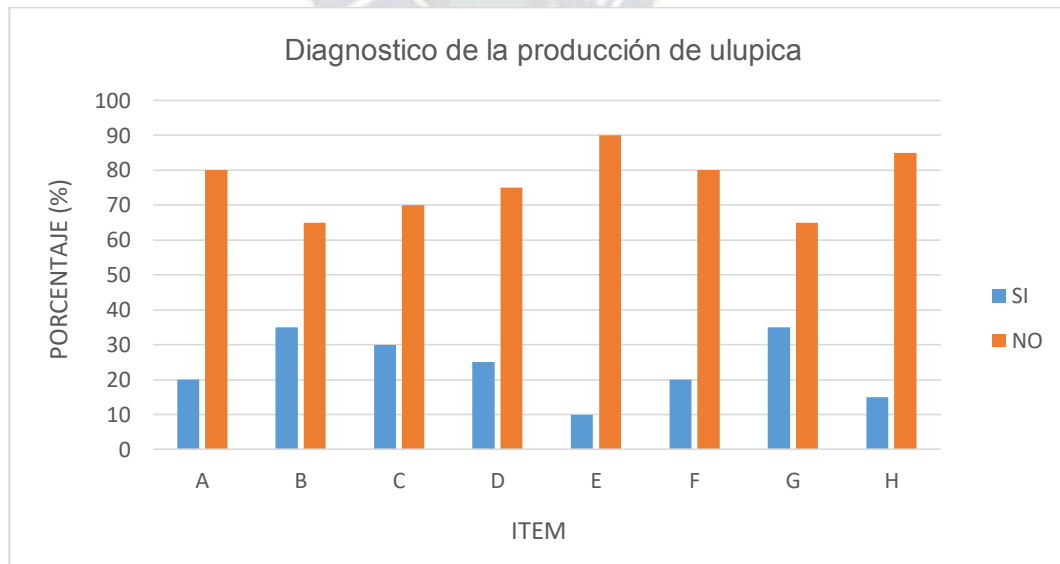
El análisis estadístico de las variables involucradas dispuestas en tablas muestra resultados que indican: la producción, el porcentaje de sembrado, los que pertenecen a una cadena productiva articulada, semilla utilizada, tipo de suelo, el manejo de buenas prácticas agrícola, la cantidad regular de compradores, temporadas de mejor cosecha, lugares donde hay mayor recolección del fruto etc.

Tabla 2.9. Diagnóstico de la producción – Primera parte

ITEM	DETALLE	SI	NO	TOTAL
A	¿Cuenta con áreas disponibles para el sembrado de ulupica?	20	80	100
B	¿La comunidad cuenta con organizaciones de productores de ulupica?	35	65	100
C	¿Conoce usted sobre la disponibilidad de ulupica en el mercado?	30	70	100
D	¿Tiene conocimiento sobre las variedades de semilla que se utiliza en el cultivo?	25	75	100
E	¿Utiliza alguna variedad de semilla certificada para el cultivo?	10	90	100
F	¿Se realiza un análisis de suelo antes del sembrado?	20	80	100
G	¿La comunidad cuenta con agua de riego para el mantenimiento y crecimiento del producto?	35	65	100
H	¿Se realiza un análisis al agua de riego?	15	85	100

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 2.2. Diagnóstico de la producción de ulupica – Primera parte



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2.10. Diagnóstico de la producción – Segunda parte

¿Cuenta con áreas disponibles para el sembrado de ulupica?			
Menor a media hectárea	De media a 1 hectárea	Mayor a 1 hectárea	TOTAL
85	10	5	100

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 2.3. Diagnóstico de la producción de ulupica – Segunda Parte



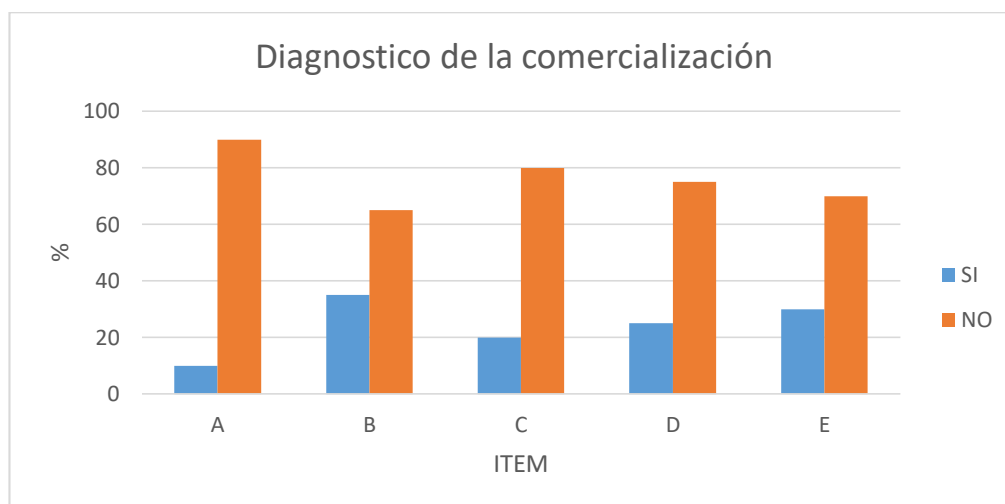
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2.11. Diagnóstico de la comercialización – Tercera Parte

ITEM	DETALLE	SI	NO	TOTAL
A	¿Conoce usted sobre la transformación para darle un valor agregado a la ulupica?	10	90	100
B	¿Conoce usted sobre el precio de venta en el mercado?	35	65	100
C	¿Conoce usted sobre la disponibilidad de ulupica en el mercado?	20	80	100
D	¿Considera la exportación como una alternativa para mejorar sus ingresos?	25	75	100
E	¿Usted considera que el cultivo de la ulupica es rentable?	30	70	100

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 2.4. Diagnóstico de la comercialización de ulupica – Tercera Parte



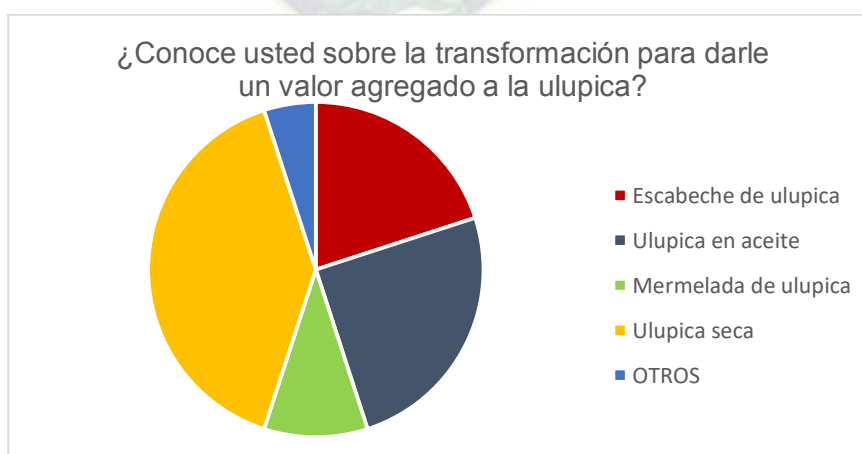
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2.12. Diagnóstico de la comercialización – Cuarta Parte

¿Conoce usted sobre la transformación para darle un valor agregado a la ulupica?					
Escabeche de ulupica	Ulupica en aceite	Mermelada de ulupica	Ulupica seca	OTROS	TOTAL
20	25	10	40	5	100

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 2.5. Diagnóstico de la comercialización de ulupica – Cuarta Parte



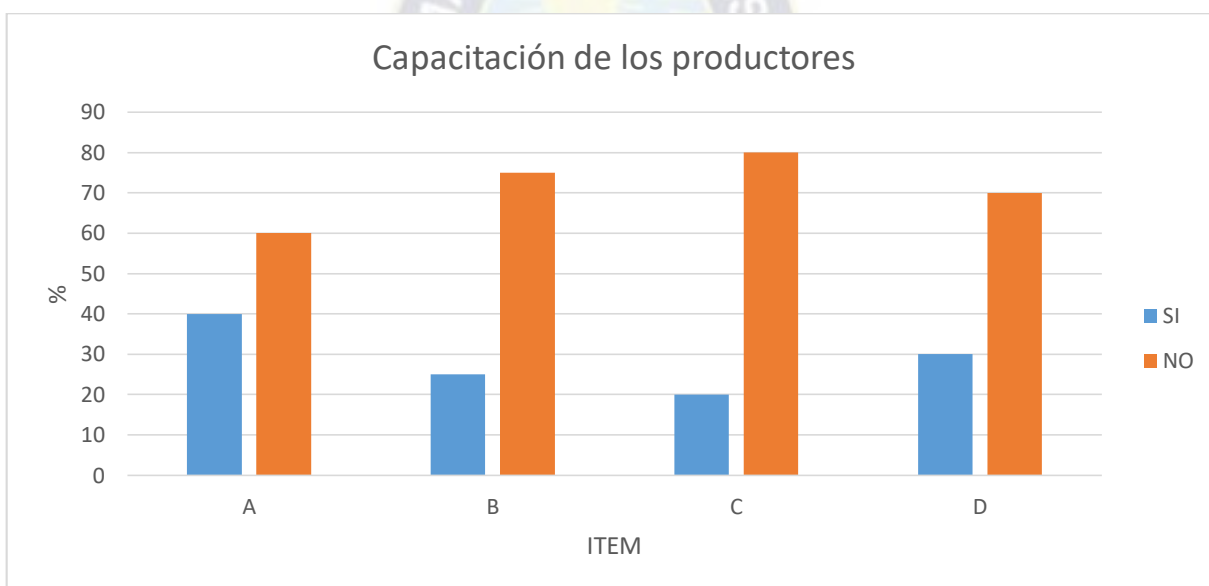
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2.13. Capacitación – Quinta Parte

ITEM	DETALLE	SI	NO	TOTAL
A	¿Los productores tienen algún grado de instrucción?	40	60	100
B	¿Los productores cuentan con capacitación en técnicas productivas de cultivo?	25	75	100
C	¿Los productores tienen conocimiento sobre el uso de semillas y rotación de suelos para el cultivo?	20	80	100
D	¿Tiene algún conocimiento sobre buenas prácticas de producción?	30	70	100

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 2.6. Diagnóstico de la comercialización de ulupica – Quinta Parte



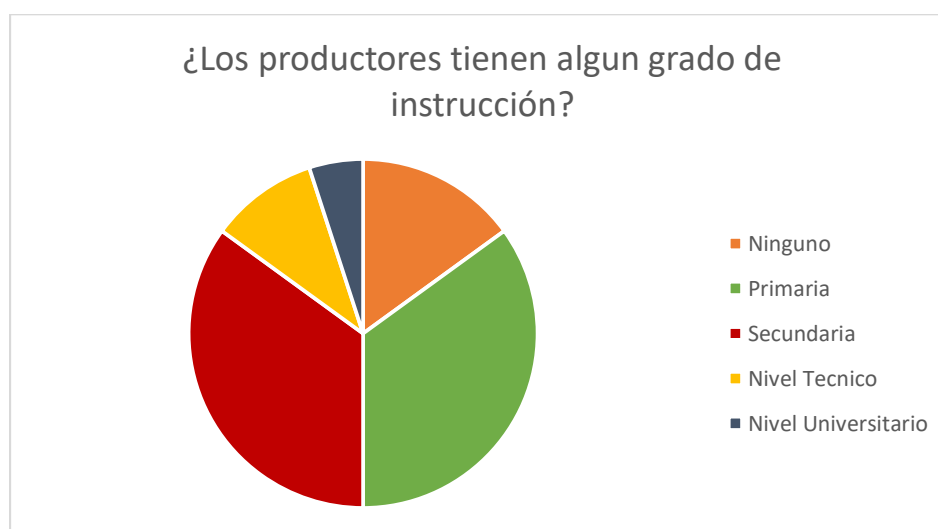
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2.14. Grado de instrucción de los productores – Sexta Parte

¿Los productores tienen algún grado de instrucción?				
Ninguno	Primaria	Secundaria	Nivel Técnico	Nivel Universitario
15	35	35	10	5

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 2.7. Grado de instrucción de los productores – Sexta Parte



Fuente: Elaboración Propia

2.5.2 Sistemas de producción de ulupica (*Capsicum cardenassii*). -

El 20% de los productores afirma tener un área disponible para el sembrado de ulupica de este porcentaje un 85% de los pequeños productores sembraron extensiones menores a 1 hectárea, el 5% son arrendatarios que no cuentan con terrenos agrícolas de su propiedad pero que siembra ulupica en terrenos mayores a una hectárea, los mismos son muy importantes productores de ulupica. El 65% de los productores no están organizados ni empresarialmente ni asociativamente pero están dispuestos a integrarse a una cadena productiva.

El 90% indica que los pequeños productores desconocen los sub-derivados de ulupica, por lo que desconocen sobre la transformación para darle un valor agregado a la ulupica.

Con respecto a la producción el 70% desconoce la disponibilidad de ulupica en el mercado; también se observa que un 25% de los productores tiene conocimiento sobre la variedad de la semilla de ulupica que está utilizando y que el 10% de los productores utiliza una semilla certificada lo que garantiza mayor rentabilidad. También se encontró que un 20% de los productores realiza un análisis de suelo antes del sembradío y que un 35% de la comunidad cuenta con agua de riego para el sembradío y que el 15% de los productores realiza un análisis del agua que utiliza para el riego de sus parcelas, poniendo en riesgo y desventaja a los productores de ulupica según las normas de inocuidad.

2.5.3 Los sistemas de comercialización de la ulupica. -

Respecto al grado de instrucción de los productores el 15% no cuenta con estudios, 35% cuenta con estudios igual a primaria, 35% a secundaria completa. Respecto a estudios superiores el 10% realizó una carrera técnica y un 5% son universitarios que se encuentran realizando trabajos preprofesionales.

Igualmente se aprecia que el 70% de los productores vendieron entre 15 -18 Bs un peso aproximado de 40 a 45 gramos y que épocas de escases este precio es aproximadamente 40 - 45 Bs, por lo que consideran que el cultivo de ulupica no es rentable. Sin embargo, un 25% de los productores considera que exportar es una alternativa para mejorar los ingresos.

También se encontró que el 65% de los pequeños productores cuentan con una regular cantidad de compradores, pero los mismos desconocen del precio de venta de ulupica en el mercado.

El 70% de los pequeños productores no aplican las buenas prácticas agrícolas y el 80% no se ha capacitado ni tienen conocimiento sobre el uso de semillas certificadas.

2.5.4 Áreas sembradas y la disponibilidad en el mercado. -

Según lo anterior también se observa que existe una relación entre los pequeños productores y la tenencia de tierra.

Existe diferencia significativa, ello demuestra asociación entre las áreas sembradas de los pequeños productores y la disponibilidad en el mercado. De la misma forma los pequeños productores cuentan con un mercado seguro entre los compradores.

Se observa y aprecia que los pequeños productores no están capacitados con técnicas productivas lo que afecta a la cadena productiva.

Los pequeños productores, presentan una baja participación en la cadena productiva, las prácticas agronómicas, como son el análisis de suelo, uso de agua de riego, la fertilización, el control fitosanitario, manejo del cultivo y la cosecha, no son realizadas eficientemente y oportunamente por parte de los pequeños productores.

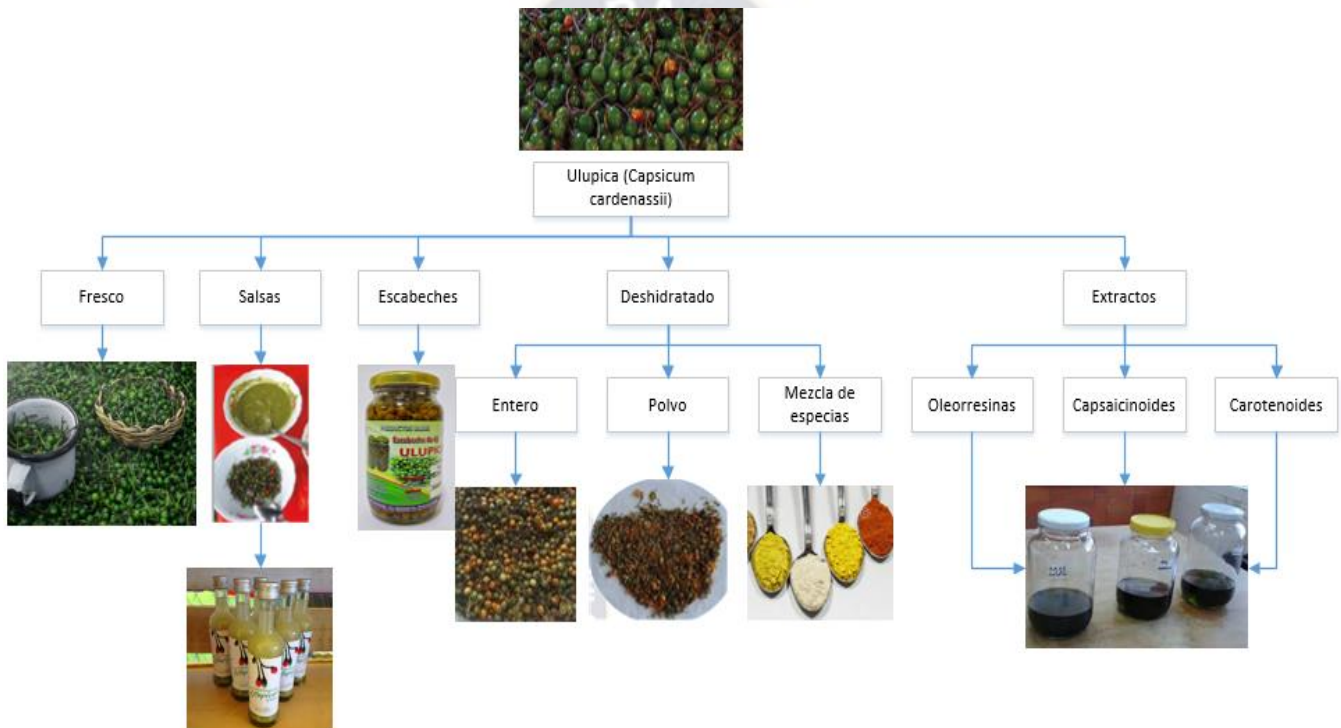
Los pequeños productores en un 90% no tienen idea de la transformación a sub-derivados, los mismos venden el fruto antes de secarse, para que sean vendidos en el mercado local. Los vendedores en el mercado local son los que se encargan de hacer que el fruto se exponga al sol para el secado y para que no tengan pérdidas.

El 90% de los pequeños productores desconocen estrategias de marketing que ayudarían a mejorar la eficiencia y eficacia del mercado de la ulupica.

2.5.5 Proceso de transformación. -

Si bien la ulupica puede consumirse en estado fresco y algunas personas lo hacen por el picor que produce y al combinarlos con los platos tradicionales, también tenemos la posibilidad de aprovechar y procesar el fruto fresco, obteniendo una gama de productos derivados y así poder competir en los mercados internos y externos.

Figura 2.5. Proceso de transformación de ulupica



Fuente: Elaboración Propia

2.6 Abastecimiento de la materia prima. -

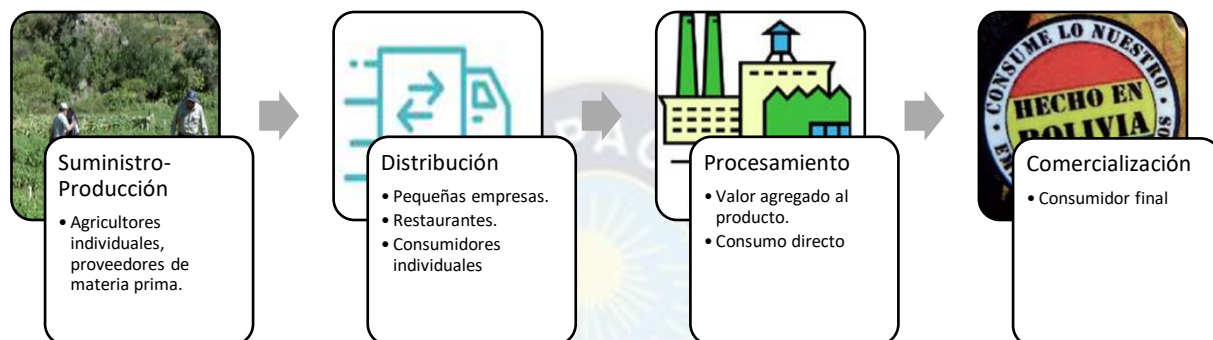
En el análisis de cadenas de abastecimiento, es importante recordar que uno de los principales elementos es fortalecer los eslabones y crear un entorno competitivo del producto.

Sin embargo, el abastecimiento está estrechamente ligado a la producción y que está muy limitada por factores como estacionalidad, la baja rentabilidad, los precios en el mercado que se vuelven en limitantes para el desarrollo de los cultivos a escala sostenible.

Estos factores permiten formular estrategias orientadas a mejorar la estructura de la cadena de abastecimiento y flujo constante del producto, principalmente caracterizado por los actores

y actividades que se relacionan en él, para lograr estrategias mutuas que permitan soluciones conjuntas y negociaciones que faciliten el flujo/abastecimiento a lo largo del tiempo del producto beneficiando a productores, consumidores y empresarios que trabajan con este producto.

Figura 2.6. Cadena de abastecimiento de ulupica



Fuente: Elaboración Propia

Principalmente el suministro está constituido por mayoristas acopiadores en mercados urbanos/locales y los minoristas que en su mayoría son pequeños agricultores, que generalmente después de la cosecha guardan libras/arrobas de ulupica para ser utilizados como material de siembra y sobre todo para suplir pequeñas demandas en mercados locales, estos están vinculados a pequeños empresarios en Bolivia, quienes se encargan de darle valor agregado generando productos más fáciles de preparar y manipular. Abasteciéndose del producto deshidratado y fresco, tanto del mercado como de algunas ferias de productores, ya que requieren éste producto como materia prima y están obligados a acopiar en grandes cantidades el producto de diferentes localidades en temporadas altas, principalmente del municipio de Sapahaqui que es el proveedor máximo de este producto.

Los principales compradores de ulupica son los pequeños empresarios que adquieren el fruto en grandes cantidades. Estas empresas o mayoristas tienen sus propias estrategias que no son reveladas, exactamente por las cantidades que adquieren y su propia conservación de la ulupica para las temporadas bajas donde se reduce la producción, incluso cuando la cosecha del producto llega a ser cero en algunas localidades y donde los precios son más elevados.

Ante la situación del escaso abastecimiento de ulupica, por factores como la estacionalidad, la rentabilidad, los precios entre otros, se llega a la necesidad de brindar apoyo principalmente

en las actividades de suministro y distribución que permitan mantener la continuidad el producto, desarrollando proyectos de investigación, promoción y conservación de ulupica.

Las estrategias que se identificó para optimizar la conservación y el uso sostenible de la ulupica consisten en la generación de programas que fomenten la investigación en la producción orgánica, desarrollando programas de fitomejoramiento, implementando programas de manejo integrado de plagas adecuados para la región/zona

Inicialmente se concentra los esfuerzos en el municipio de Sapahaqui que es el principal distribuidor de ulupica, enfocándose en mejorar la eficiencia del cultivo a través de talleres/capacitaciones para el mejoramiento de las prácticas de cultivo, manejo de semillas y rotación de suelos que permitan mejorar la calidad del fruto, generar un mayor volumen de producción e integrar la participación activa de los directos involucrados que son los productores. De igual manera la implementación de centro de acopio para el mantenimiento del producto en temporadas bajas.



Capítulo 3

3 Fundamento Teórico

3.1 Escaldado. -

(Sharma, Mulvaney, & Rizvi, 2003) El escalde es un proceso de tratamiento térmico que por lo general se aplica a frutas y hortalizas antes de la congelación, el secado o el enlatado. Este tratamiento es necesario para muchos vegetales con el objetivo de alcanzar las cualidades satisfactorias en el secado de los productos. El escalde es necesario cuando se desea alcanzar la inactividad enzimática, en caso de que el secado no llegue a la temperatura necesaria para inactivar las enzimas. Esta inactivación favorece los cambios indeseables de color, olor, textura, valor nutritivo y potenciales cambios oxidativos en los alimentos.

Los alimentos congelados o deshidratados sin escaldar experimentan cambios relativamente rápidos en las propiedades de calidad como color, sabor, textura y valor nutricional debido a la continua actividad de las enzimas.

3.1.1 Objetivos del escaldado. -

(Brennan, Butters, Cowell, & Lilley, 1998) Los objetivos que persiguen el escaldado no siempre son los mismos y varían de acuerdo con el estado de madurez y el tipo de fruta u hortaliza. Así el escaldado se realiza por una o más de las siguientes razones:

- Inhibición de la acción enzimática. Al inactivarse las enzimas del producto, se permite que las reacciones oxidativas y otras de tipo químico también se inhiban, lo que contribuye a la obtención de un producto de mayor calidad y valor nutricional, dado que se evitan cambios indeseables en el color y el sabor natural, así como la reducción en el contenido de ciertas vitaminas. En este contexto, el principal objetivo del escaldado es inactivar enzimas como la polifenoloxidasas, que produce oscurecimiento enzimático, así como la catalasa y la peroxidasa, que catalizan la reacción de oxidación de pigmentos, lípidos y vitaminas. Cabe señalar que los vegetales verdes sin escaldar o mal escaldados desarrollan un color verde grisáceo, además de un olor y un sabor desagradables durante el almacenamiento.
- Expulsión de gases de respiración. Las frutas y hortalizas contienen O_2 y CO_2 en cantidades menores que las del aire; con el escaldado se provoca la liberación de estos.

- Remoción de sabores y olores no deseables de la materia prima.
- Adición de limpieza al producto.

Adicionalmente hay que recalcar que cuando una muestra se escalda se ablandan sus tejidos lo que facilitaría la difusión del agua hacia la superficie cuando la muestra se deshidrata, por lo que habrá menor contenido de humedad al terminar el proceso de deshidratación y este tomara menor tiempo comparado con una muestra que no se escaldo previamente.

3.1.2 Métodos de escaldado. -

3.1.2.1 Escaldado en agua caliente. -

(Sharma, Mulvaney, & Rizvi, 2003) Esta forma de escaldado es la más utilizada ya que es eficiente y uniforme en un proceso que se puede controlar adecuadamente la temperatura y el tiempo. La mayor y principal desventaja es el gasto del gran volumen de agua que se utiliza para este fin. Por otra parte, el tratamiento de la materia orgánica que queda en las aguas residuales de este proceso.

El escaldado tiene un efecto fijador verde en algunos vegetales, especialmente cuando se efectúa en agua caliente. Se cree que ello se debe a la extracción acuosa de ácidos en los vegetales durante el escaldado, con lo cual existe menos hidrolisis de las clorofilas a feofitinas en el calentamiento. A su vez, el escaldado el escaldado tiende a reducir el volumen de los alimentos, lo cual trae ventajas en el empaclado.

3.1.2.2 Escaldado con vapor. -

Con este método se tiene la ventaja de que los productos retienen su contenido nutritivo. La principal desventaja consiste en que resulta menos eficiente ya que se requieren mayores tiempos para la inactivación enzimática, es más difícil controlar el tiempo y la temperatura, y el producto puede dañarse.

3.1.2.3 Escaldado químico. -

Este tipo de escaldado se utiliza cuando los anteriores métodos provocan daños al alimento.

Por otra parte la temperatura y el tiempo prolongado del escaldado influyen a los cambios en el color, flavor y en la textura del alimento, entonces para que no suceda algún deterioro en el alimento se realizan pretratamientos con sales (salmueras) de 0,125% p/p Carbonato de

Calcio (CaCO_3) o Carbonato de Sodio (Na_2CO_3) , 2% p/p Cloruro de sodio (NaCl) , 1-2% p/p Cloruro de cálcico (CaCl_2) o también 0,125% p/p Meta bisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$).

(Fennema, 2000) La presencia de agua dura en el escaldado, o agua a la cual se le han agregado sales de calcio o magnesio, tiende a producir endurecimiento del producto. Ello se origina al reaccionar los cationes con las sustancias pépticas presentes, lo cual crea una estructura de malla originada por los puentes entre las moléculas constituidos por estos iones, lo que vuelve más rígida la estructura.

También cabe aclarar que el uso de metabisulfito de sodio, puede acelerar el proceso de secado (velocidad de secado), sin embargo, presenta valores inferiores de estabilidad, exhibiendo un menor tiempo de vida útil y puede provocar un sabor desagradable al producto final.

Tabla 3.1. Tiempo de escaldado de algunos alimentos

Producto	Método	Tiempo	Temperatura	Observaciones
Chícharo	Agua caliente (usualmente en ebullición)	1-5 [min]	80 – 85 [°C]	Remueve olores y sabores.
		(depende del estado de madurez)		
Espinaca	Agua caliente	6 [min]	80[°C]	Fija color. Inactiva clorofilasa. El tamaño de las hojas indica el grado de desarrollo que influye en el tiempo
Chile pimiento	Agua caliente,	5 [min]	100[°C]	Facilita el llenado.
	Vapor vivo.	1 – 4 [min]	110 – 115[°C]	
	Flama directa	1 – 4 [min]	>115[°C]	
Tomates	Agua caliente o vapor vivo	1 – 2 [min]	95[°C]	Elimina el aire. Agrieta y afloja la piel.

Fuente: Elaboración Propia con base y datos obtenidos de (Colina, 2010). Consultado el: 27 de mayo de 2016

3.2 Secado. -

(Treybal, 2002) El secado se define como la aplicación de calor bajo condiciones controladas para eliminar la mayor cantidad de agua presente en una sustancia. El principal propósito del secado aplicado a los alimentos, es extender la vida media, inhibir el crecimiento microbiano y la actividad enzimática.

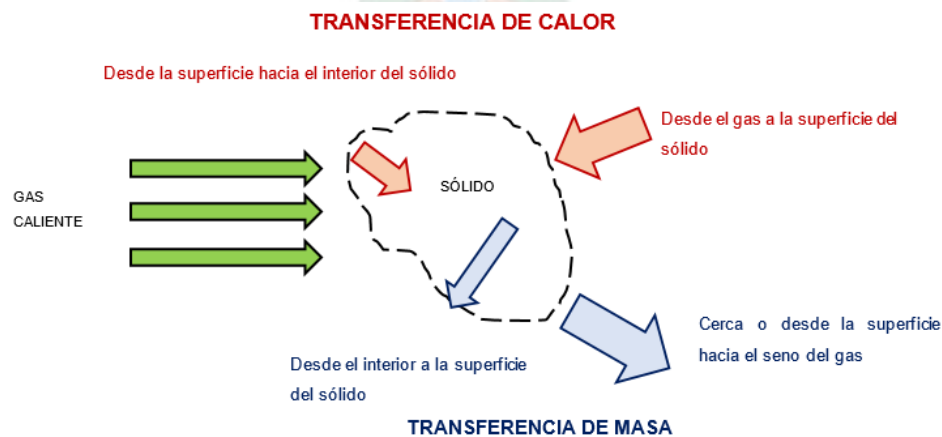
El agua se elimina de los alimentos por medio del fenómeno de difusión, en fase líquida y/o vapor, a través de su estructura interior. Al movimiento del agua líquida le seguirá su evaporación en algún punto del alimento, para lo cual es necesario calor (energía), por lo tanto el proceso supone realmente un transporte simultaneo de materia y energía.

(Perry, 1992) La transmisión de calor tiene lugar en el interior del alimento y está relacionado con el gradiente de temperatura existente, entre su superficie la correspondiente a la superficie del agua en el interior del alimento. Si se suministra al agua suficiente energía para su evaporación, el vapor producido se transportará desde la superficie de la capa húmeda en el interior del producto hacia la superficie de este.

El gradiente de presión existente entre la superficie del agua en el interior y en el aire exterior del alimento, es lo que provoca la difusión del vapor de agua hacia la superficie de éste. Por lo tanto, cuando se seca un sólido se producen dos procesos fundamentales y simultáneos.

- Transmisión de calor para evaporar el líquido.
- Transferencia de masa de la humedad interna y del líquido evaporado.

Figura N° 3.1. Proceso Básico de Secado



Fuente: Elaboración Propia

- a) Transferencia de calor desde la fuente (gas caliente) a la superficie del sólido, esta puede ocurrir por diferentes mecanismos: conducción, Convección, radiación o una combinación de cualquiera de estos.
- b) Transmisión de calor desde la superficie (interface) del sólido-gas caliente hacia el interior del sólido. Transferencia de calor por conducción y en régimen no estacionario.
- c) Transmisión de materia desde el interior a la superficie del sólido. Se puede producir por difusión o capilaridad.
 - a. Se puede producir por difusión de la humedad líquida debido a los gradientes de concentración entre las profundidades del sólido, donde tenemos concentraciones altas y la superficie del sólido donde la concentración es baja.
 - b. En sólidos granulares y porosos como la arcilla donde la humedad se traslada a través de capilares e intersticios del sólido mediante un mecanismo que implica tensión superficial.
- d) Transferencia de masa en forma de vapor, desde la superficie (interface) del sólido hacia el seno del gas.

3.2.1 Cinética de secado. -

El estudio de la cinética de secado es esencial para diseñar un correcto proceso de secado, que permita obtener un producto de calidad.

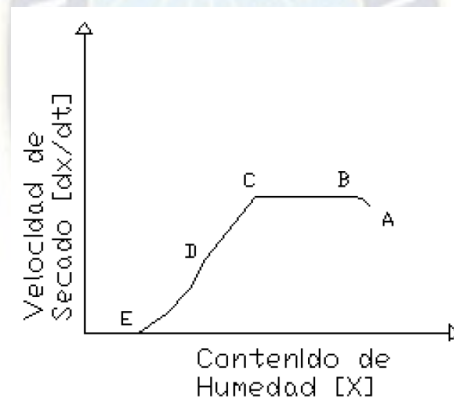
(Guarachi Ayaviri, 2004) La determinación de la velocidad de secado es fundamental para fines de diseño, a que su conocimiento, permite establecer el tiempo requerido para el proceso y con esto el dimensionamiento del equipo. Dado que innumerables sustancias de compleja estructura molecular son susceptibles de secarse, es difícil establecer un modelo teórico que trate de representar adecuadamente esta situación, razón por la cual la velocidad de secado, generalmente se la obtiene en base a pruebas experimentales, manteniendo constante las condiciones del aire.

(Sharma, Mulvaney, & Rizvi, 2003) La velocidad de secado de un material depende de las propiedades del material como la densidad global de la masa del material deshidratado, el contenido inicial de humedad y su relación con el contenido de humedad de equilibrio en condiciones de secado. Podría ser necesario evitar la velocidad máxima de secado si resulta en encogimiento, endurecimiento superficial, agrietamiento de la superficie u otros efectos indeseables en el secado de sólidos alimenticios.

3.2.1.1 Período de velocidad constante. -

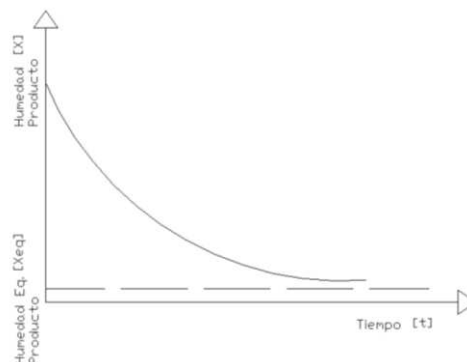
El período de velocidad constante se caracteriza por la evaporación de humedad a partir de una superficie saturada: incluye la difusión de vapor de agua desde una superficie saturada del material a través de una película delgada en el grueso del aire. El movimiento de humedad dentro del sólido es suficiente para mantener una condición saturada en la superficie y la velocidad de secado es, por lo tanto, controlada por la velocidad de transferencia de calor a la superficie. La temperatura en la superficie permanece constante y alcanza la temperatura de bulbo húmedo. Sin embargo, la velocidad de secado podría ir aumentando por transferencia de calor adicional por medio de la conducción, o radiación, lo que eleva la temperatura de la superficie por arriba de la temperatura de bulbo húmedo. El secado de velocidad constante equivale fundamentalmente a evaporación a partir de un cuerpo de agua grande y es independiente del tipo de sólidos.

Figura N° 3.2. Velocidad de secado VS. Contenido de Humedad.



Fuente: Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias.

Figura N° 3.3. Contenido de Humedad VS. Tiempo de secado.



Fuente: Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias

En el secado de diversos sólidos bajo condiciones constantes casi siempre están presentes las dos zonas principales de la curva de secado: el periodo de velocidad constante y el periodo de velocidad decreciente.

3.2.1.2 Periodo de velocidad de secado decreciente. -

Al final del periodo de velocidad constante, el punto B se denomina “contenido crítico de humedad”. En este punto, la superficie del sólido ya no está saturada y aparecen puntos secos. Por lo tanto, el área húmeda exterior podría reducirse progresivamente, y la velocidad de secado disminuye. Los alimentos no higroscópicos podrían tener un solo periodo de velocidad decreciente, en tanto que los alimentos higroscópicos presentan dos periodos de disminución de velocidad.

La velocidad de secado depende de los factores que afectan la difusión de la humedad lejos de la superficie de evaporación y la velocidad de movimiento interno de humedad. El punto C representa una condición en la que la película superficial original se ha evaporado completamente, y más allá de este punto, la velocidad de secado es controlada por la velocidad de movimiento de humedad a través del sólido.

(Sharma, Mulvaney, & Rizvi, 2003) El periodo de velocidad decreciente es por lo general el periodo más largo de una operación de secado. En el periodo de velocidad decreciente, la velocidad de secado depende principalmente de la temperatura del aire y el espesor del lecho de alimento. No es afectada por la humedad relativa (excepto en el contenido de humedad de equilibrio) y la velocidad del aire. En consecuencia, la temperatura del aire es regulada durante el periodo de velocidad decreciente, mientras que la velocidad del aire y la temperatura son más importantes durante el periodo de velocidad constante.

3.2.1.3 Segundo periodo de velocidad decreciente

El segundo periodo de velocidad decreciente C a D representa condiciones en las que la velocidad de secado es controlada en gran parte por el movimiento de humedad dentro de los sólidos y es independiente de las condiciones fuera del sólido. La transferencia de humedad podría ocurrir por una combinación de factores como difusión de líquidos, movimiento capilar y difusión de vapor.

3.2.2 Nomenclatura del proceso de secado

3.2.2.1 El aire

(Guarachi Ayaviri, 2004) El aire atmosférico es una mezcla de gases, vapor, gases y partículas en suspensión. La parte gaseosa está formada por varias sustancias como ser oxígeno y nitrógeno en mayor proporción, gases nobles (argón, helio, neón y xenón) en mínima proporción y gases contaminantes (dióxido de carbono, metano y dióxido de azufre) también en mínima proporción.

3.2.2.2 Humedad Absoluta

(Guarachi Ayaviri, 2004) La concentración de humedad de aire, puede establecerse en porcentaje másico como molar; sin embargo, para fines de diseño de procesos, se expresa en términos de relación molar o relación másica.

Sea A, el vapor de agua en el aire y B el aire seco. Dado que la presión ambiental (P_T) es baja, puede considerarse al aire como un gas ideal, de esta manera se tendrá las siguientes relaciones:

$$Y_m = \frac{y_A}{y_B} = \frac{P_A}{P_B} = \frac{P_A}{P_T - P_A} ; \left[\frac{\text{molA}}{\text{molB}} \right] \text{relación molar} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

$$Y_m = \left(\frac{P_A}{P_T - P_A} \right) \frac{M_A}{M_B} ; \left[\frac{\text{KgA}}{\text{KgB}} \right] \text{relación masica} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

Donde:

Y_m : Humedad Absoluta

P_A : Presión parcial del vapor de agua.

P_B : Presión parcial del aire seco.

P_T : Presión ambiental.

M_A y M_B : Peso molecular del agua y del aire seco respectivamente.

3.2.2.3 Humedad Relativa

Se define humedad relativa, como la relación de la presión parcial del vapor de agua en el aire, respecto de la presión de vapor de agua pura, a la temperatura dada.

$$\varphi = \frac{P_A}{P_{vA}} \quad \text{Ecuación 3.3}$$

Donde:

P_{VA} : Presión parcial del vapor de agua pura a la temperatura establecida.

φ : Humedad relativa

La humedad relativa, mide el grado de saturación del aire. Así, si el aire estará saturado si φ toma el valor de 1.

Reemplazando la ecuación 3 en la ecuación 2:

$$Y_m = \left(\frac{\varphi P_{vA}}{P_T - \varphi P_{vA}} \right) \frac{M_A}{M_B} \quad \text{Ecuación 3.4}$$

Puede verse claramente que la humedad absoluta, depende de la presión ambiental, de la temperatura y del grado de saturación.

3.2.2.4 Contenido de humedad en base húmeda

(Guarachi Ayaviri, 2004) Es la humedad que contiene un sólido, expresada como la fracción peso de la humedad en el sólido húmedo y, a menos que se aclare, se entiende generalmente que la humedad del sólido está expresado en base húmeda.

$$x = \frac{\text{masa de humedad}}{\text{masa de sólido húmedo}} \quad \text{Ecuación 3.5}$$

$$x = \frac{\text{masa de humedad}}{\text{masa de sólido seco} + \text{masa de humedad}} \quad \text{Ecuación 3.6}$$

3.2.2.5 Contenido de humedad en base seca

Es la humedad que contiene un sólido, expresada como la relación entre la masa de la humedad y la del sólido seco.

$$\text{Masa de materia seca} = \text{Masa de producto húmedo} - \text{Masa de humedad} \quad \text{Ecuación 3.7}$$

$$x = \frac{\text{masa de humedad}}{\text{masa de sólido seco}} \quad \text{Ecuación 3.8}$$

Resulta útil expresar el contenido de humedad en base seca debido a que el denominador en su ecuación es constante en todo el sistema.

3.2.2.6 Equilibrio

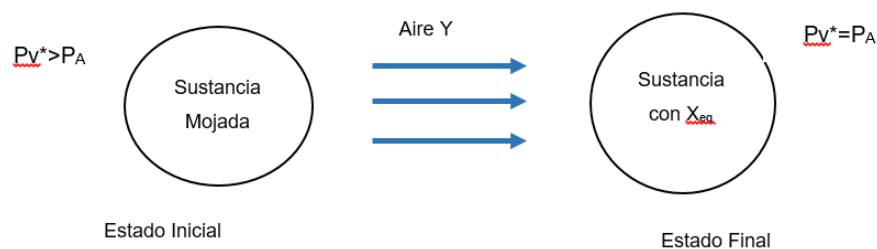
(Treybal, 2002) El grado de presión de vapor que ejerce la humedad contenida en un sólido húmedo o en una solución líquida depende de la naturaleza de la humedad, la naturaleza del sólido y la temperatura. Por lo tanto, si un sólido húmedo se expone a una corriente continua de gas fresco que contiene una presión parcial dada del vapor P_v , el sólido o bien perderá humedad por evaporación o ganará humedad del gas, hasta que la presión de vapor de la humedad del sólido sea igual a P_v entonces el sólido y el gas estarán en equilibrio.

Toda sustancia sólida que está en contacto con el aire atmosférico por un tiempo prolongado, posee una humedad residual denominada humedad de equilibrio. El valor numérico de esta humedad, depende de las condiciones ambientales como ser: humedad del ambiente, presión y temperatura que depende también de la naturaleza de la sustancia sólida, ya que las diferentes sustancias sólidas presentan capacidades diferentes de retención del agua.

3.2.2.7 Sólidos insolubles

(Treybal, 2002) Cuando un sólido insoluble en agua que tiene una humedad determinada, se pone en contacto con una corriente de aire que también tiene una humedad establecida, el sólido ganará o perderá humedad, hasta alcanzar el estado de equilibrio. En este estado de equilibrio, la presión de vapor que ejerce la humedad del sólido (P_v^*), se hace igual a la presión parcial que ejerce el vapor de agua en el aire (P_A). A esta humedad residual del sólido en el estado de equilibrio, se denomina humedad de equilibrio. Cada sólido posee una humedad de equilibrio y esta humedad es función de su estructura molecular y de las condiciones ambientales. Así por ejemplo el algodón tiene una humedad de equilibrio mayor que la lana y la humedad de equilibrio de la lana es mayor que la de una fibra sintética a las mismas condiciones ambientales.

Figura N° 3.4. Sustancia insoluble en condiciones iniciales hasta el equilibrio.



Fuente: Elaboración Propia

La figura N°3.4, muestra una sustancia insoluble que inicialmente tiene una humedad alta, la misma que se pone en contacto con una masa grande de aire que tiene una humedad establecida (Y). Al principio la presión de vapor que ejerce la humedad del sólido (P_v^*), es mayor que la presión de vapor que ejerce el agua en el aire (P_A). Por un proceso espontaneo, la sustancia perderá humedad (evaporación de agua o desorción), hasta que ambas presiones se igualen (estado final). En este estado final (estado de equilibrio), la sustancia tiene una humedad residual, la que se denomina humedad de equilibrio.

3.2.2.8 Humedad de equilibrio (X^*)

Es el límite al cual puede llevarse el contenido de humedad de un sólido, cuando éste se pone en contacto con un gas por un tiempo suficiente y en condiciones determinadas.

3.2.2.9 Humedad libre ($X-X^*$)

Se define como la cantidad de humedad que puede perder un sólido después de un contacto suficiente prolongado con un gas a condiciones constantes de humedad relativa y temperatura.

Es la humedad en exceso que contiene un sólido sobre la humedad de equilibrio; este valor puede llegar a incluir tanto la humedad ligada como la no ligada. Sólo la humedad libre puede ser evaporada y lógicamente depende de la concentración del gas a través de la humedad de equilibrio.

3.2.2.10 Humedad límite

En un sólido es aquel líquido que ejerce una presión de vapor inferior a la del líquido puro, a una temperatura dada. El líquido puede quedar ocluido por retención en capilares diminutos, por solución en celdas o paredes fibrosas, por solución homogénea a lo largo del sólido y por adsorción física o química en las superficies del sólido.

3.2.2.11 Humedad no límite

En un material higroscópico es la humedad en exceso en relación con el contenido de humedad de equilibrio correspondiente a la humedad de saturación.

3.2.3 Curvas de secado

Las pruebas experimentales del proceso de secado consisten en determinar periódicamente el contenido de humedad de una muestra del sólido que está bajo estudio en intervalos de tiempo medidos desde el inicio de la prueba, manteniendo constantes todas las

variables que influyen como la presión, la temperatura y la velocidad. Este cálculo de la humedad se realiza tomando el peso del sólido en función del tiempo que transcurre.

El secado de un sólido se describe muy bien al representar el contenido de humedad del sólido (Humedad en base seca) frente al tiempo transcurrido desde que se inicia el proceso hasta que se termina el proceso de secado (X vs t).

Podemos observar que la humedad de una sustancia disminuye a medida que transcurre el tiempo y para un tiempo prolongado se alcanza la humedad de equilibrio (X_{eq}).

El comportamiento del secado se puede observar mejor, si a partir de los datos y la curva de secado, obtenemos la velocidad de secado (N_a), misma que puede ser representada frente al contenido de humedad del sólido, dando origen a la curva de velocidad de secado.

$$N_a = - \left(\frac{S_s}{A} \right) \left(\frac{dX}{dt} \right) \left[\frac{\text{Kg agua evaporada}}{h - m^2} \right] \quad \text{Ecuación 3.9}$$

Donde:

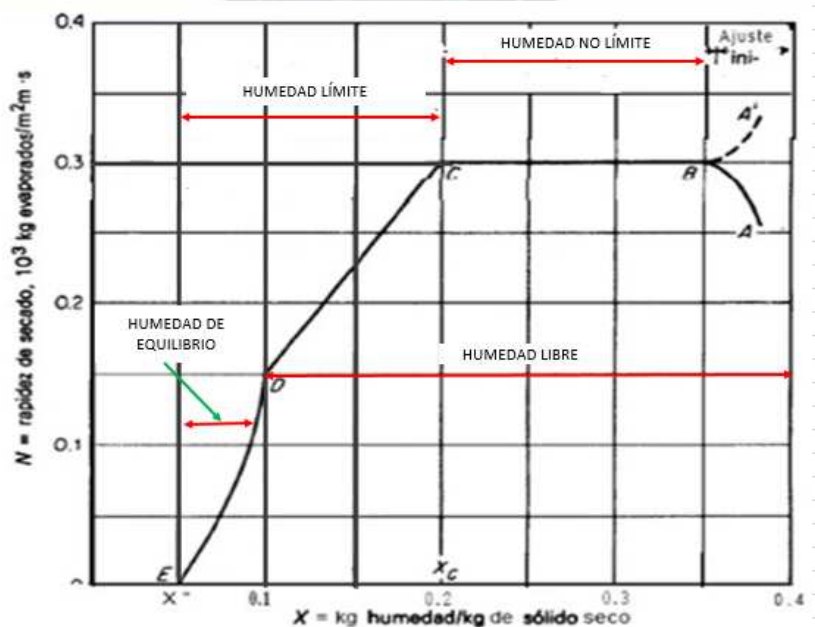
N_a = Velocidad de secado

S_s = Peso del sólido seco.

A = Área del sólido expuesta al secado.

(dX/dt) = Variación del contenido de humedad con respecto al tiempo.

Figura N° 3.5: Tipos de Humedad



Fuente: Elaboración Propia

3.2.4 Efectos del secado en productos biológicos. -

La deshidratación produce cambios físicos químicos y sensoriales en los alimentos. Los cambios químicos contribuyen a la calidad final, tanto de los productos deshidratados como de sus equivalentes reconstituidos, por lo referentes al color, sabor, textura, viscosidad, velocidad de reconstitución, valor nutritivo y estabilidad en el almacenamiento. Las reacciones de oscurecimiento pueden deberse a oxidaciones enzimáticas, por lo que se recomienda inactivarlas mediante tratamientos de pasteurización o escaldado.

3.2.4.1 Textura. -

(Brennan, Butters, Cowell, & Lilley, 1998) Durante el secado de los tejidos animales y vegetales, por cualquier método, con la posible excepción de la liofilización, se produce cierto grado de retracción del producto. El grado de contracción o encogimiento está relacionada por la cantidad de agua eliminada en los periodos iniciales de secado a velocidades pequeñas. La contracción de los alimentos durante el secado influye sobre su velocidad de secado.

Tanto la densidad a granel, como la porosidad, de las piezas de hortalizas desecadas dependen, en gran medida, de las condiciones de secado. Si las velocidades iniciales de secado son altas, las capas externas de las piezas se tornan rígidas y su volumen final se fija antes.

(Fellows, 2000) En los alimentos adecuadamente escaldados las pérdidas de textura están provocadas por la gelatinización del almidón, la cristalización de la celulosa y por tensiones internas provocadas por variaciones localizadas en el contenido del agua durante la deshidratación. Estas tensiones dan lugar a roturas y compresiones que provocan distorsiones permanentes en las células, relativamente rígidas, confiriendo al alimento un aspecto arrugado.

La pérdida de agua y el calentamiento causan estrés en la estructura celular del alimento, originando un cambio en la forma y disminución en la dimensión. Estos cambios afectan la calidad del producto seco.

3.2.4.2 Olor. -

(Fellows, 2000) Durante la deshidratación algunos componentes volátiles se pierden, debido a una alta temperatura con la que se está trabajando y a la concentración de sólidos en el alimento, por lo que un adecuado control durante la primera etapa en la deshidratación reduciría la pérdida de estas sustancias. Una segunda causa importante de las pérdidas de

aroma debidas a la deshidratación la constituye la oxidación de pigmentos, vitaminas y lípidos durante su almacenamiento.

3.2.4.3 Color. -

(Desrosier, 1964) En su forma natural nuestros alimentos están brillantemente coloreados. No hay pigmentos grises naturales en nuestros alimentos. Lo grisáceo en el alimento se debe a algún grado de descomposición. Cuando nuestros alimentos tienen una apariencia gris y opaca, han sido cambiados sus valores alimenticios.

(Fellows, 2000) Los cambios químicos experimentados por pigmentos como, el caroteno y la clorofila, están producidos por el calor y la oxidación que tienen lugar durante la deshidratación. Por lo general, cuanto más largo es el proceso de deshidratación y más elevada la temperatura, mayores son las pérdidas en estos pigmentos. Por otra parte, la oxidación y la actividad enzimática residual de la polifenoxidasa favorecen el desarrollo del pardeamiento durante su almacenamiento. Ello puede evitarse mejorando los sistemas de escaldado.

3.2.4.4 Valor Nutritivo. -

(Fellows, 2000) Las grandes diferencias observadas en el valor nutritivo de los alimentos deshidratados se deben a los distintos sistemas de preparación, a la temperatura durante el proceso y a las condiciones durante el almacenamiento.

También puede haber pérdidas nutricionales de las vitaminas por el aire caliente durante el deshidratado, por la adición de sulfitos o disminución de la lisina disponible por el pardeamiento.

3.3 Secadores utilizados: Clasificación. -

La clasificación de los equipos de secado se puede hacer en base a:

- Las características y propiedades físicas del producto húmedo. Procedimiento apropiado para la selección de un grupo de secaderos para su estudio preliminar en un problema dado.
- El procedimiento para transmitir el calor al sólido húmedo. - Más interesante industrialmente y revela diferencias en el diseño y funcionamiento de los secadores.

De acuerdo con este segundo criterio se distinguen los secadores directos, que utilizan gases calientes en contacto con el sólido húmedo para suministrar el calor y arrastrar el líquido

vaporizado, los secadores indirectos en los que el calor se transmite al sólido húmedo a través de la pared que lo contiene, eliminándose el líquido vaporizado independientemente del medio calefactor, secadores dieléctricos y secadores por radiación.

3.3.1 Secadores directos o convectivos. -

Se caracterizan por utilizar gases calientes que entran en contacto directo con el sólido húmedo al que transmiten calor por convección fundamentalmente y que arrastran fuera del secador los vapores producidos. Los gases pueden ser:

- Aire calentado.
- Gases inertes
- Aire calentado por radiación solar, entre otros.

Este tipo de secadores pueden ser continuos o intermitentes, siendo del costo de funcionamiento menor en los primeros y utilizando los últimos para capacidades de menor producción o para el tratamiento de productos que exigen manipulación especial.

3.3.2 Secadores por conducción o indirectos. -

Se caracterizan porque en ellos la transmisión de calor hasta el material húmedo tiene lugar por conducción a través de una pared, generalmente metálica. La fuente de calor puede ser:

- Agua caliente
- Aceites térmicos
- Gases de combustión
- Resistencia eléctrica, entre otros.

Los secadores indirectos permiten la recuperación del disolvente y son apropiados para la desecación a presiones reducidas y atmosferas inertes, lo que les hace recomendables para deshidratar productos termolábiles o fácilmente oxidables, pudiendo utilizar métodos de agitación para asegurar una mejor transmisión de calor y eliminar los gradientes de humedad en el producto.

Al igual que los directos pueden funcionar en régimen continuo o intermitente.

3.3.3 Secadores por radiación. -

Se basan en la transferencia de energía radiante para evaporar la humedad del producto. Esta energía se produce eléctricamente (infrarrojos) o por medio de refractarios únicamente

calentados con gas. El costo de la energía necesaria para este método es de dos a cuatro veces mayor que el costo de los anteriores descritos anteriormente.

3.3.4 Secadores dieléctricos. -

Se caracterizan por generar calor en el interior del propio sólido. Puesto que el campo eléctrico es uniforme en todo el espesor del dieléctrico, el calentamiento es prácticamente uniforme y simultáneo en toda la masa del sólido, lo que lo hace interesante para la deshidratación de piezas de gran tamaño sin peligro de recalentamiento en la superficie. Su campo de producción es todavía muy reducido debido a su alto costo de operación que puede ser diez veces superior al del combustible necesario en los secadores directos y al elevado costo del equipo auxiliar requerido para generar este tipo de energía.

Tabla 3.2. Tipos de secadores

Tipos de secador	Tipo usual de alimento
Secadores por convección de aire	
Túnel	Piezas
Gabinete, bandeja o charola	Piezas pequeñas, purés, líquidos
Banda transportadora sinfín	Purés, líquidos
Elevador neumático	Piezas pequeñas, gránulos
Lecho fluidizado	Piezas pequeñas, gránulos
Aspersión	Líquidos, purés
Secadores de tambor o rodillo	
Atmosférico	Purés, líquidos
Al vacío	Purés, Líquidos
Secadores al vacío	
Gabinete al vacío	Piezas, purés, líquidos
Banda al vacío	Purés, líquidos
Liofilización	Piezas, líquidos

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Molienda y tamizado. -

Durante esta operación unitaria, los materiales de alimentación se pulverizan, reduciéndose a tamaños más pequeños, por medio de una acción mecánica, es decir, los materiales se fracturan.

El primer paso del proceso consiste en que las partículas de alimentación se deformen y desarrollen tensiones por acción de la maquinaria de reducción de tamaño. A medida que se aplica más fuerza a las partículas, la energía de tensión excede un nivel y el material se fractura.

La molienda se realiza para disminuir el tamaño de partícula y así obtener textura de harina (polvo). Dado a que no se llega a tener una uniformidad en las partículas después de la molienda, se realiza un tamizado con el fin de separar las partículas de tamaño disperejo. En la que se pide utilizar un solo tamiz o un conjunto de tamices.

3.4.1 Módulo de fineza. -

(Brennan, Butters, Cowell, & Lilley, 1998) Indica la uniformidad de la molienda. Se utiliza para obtener el tamaño promedio de las partículas.

Cuando MF es alto, el material es grueso, medio y fino.

Cuando MF es cero, el material es fino.

El módulo de fineza se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$MF = \frac{\sum f_i W_i}{\sum W_i} \quad \text{Ecuación 3.10}$$

Donde:

$i = 0,1,2,3, \dots, n$

$MF = \text{Número Adimensional}$

$f_i = \text{Factor de ponderación}$

$W_i = \text{Fracción o porcentaje de peso retenido en cada tamiz}$

$f = \text{Es un número natural creciente, el cual afecta el peso retenido en cada tamiz, en orden ascendente}^2.$

² El valor f del tamiz colector es cero

3.4.2 Diámetro de partícula. -

(Brennan, Butters, Cowell, & Lilley, 1998) El diámetro medio de una fracción es aquel que pasa un tamiz dado, pero es retenida por el siguiente más pequeño de la serie. Este se calcula con la siguiente expresión:

$$D = 0,1046 * (2,0)^{MF} \quad \text{Ecuación 3.11}$$

Donde:

D = Diámetro promedio de las partículas [mm]

MF = Módulo de fineza. (Adimensional)

3.5 Vida Útil. -

La vida útil de un alimento se puede definir como el tiempo, después de la producción o empaque, durante el cual el producto conserva ciertas características de calidad establecidas por el proveedor, características que pueden ser fisicoquímicas, microbiológicas o sensoriales. Este tipo depende de las propiedades de los alimentos tales como: actividad de agua, pH, acidez, calidad de materia prima, humedad relativa, exposición a la luz, manipulación del consumidor entre otras.

La determinación de la vida útil se puede realizar mediante paneles sensoriales, mediciones químicas, mediciones microbiológicas, mediciones físicas, etc.

3.6 Almacenamiento. -

Las frutas, hortalizas, tubérculos, raíces y granos, son productos que se pueden deteriorar rápidamente una vez cosechados, los cuales, si no se someten a un tratamiento adecuado para su conservación, pueden perecer y con ello la calidad y su valor comercial.

(Brennan, Butters, Cowell, & Lilley, 1998) El deterioro de los alimentos se ve influido por una serie de factores ambientales, entre ellos el oxígeno del aire, la temperatura tanto alta como baja, que asociados a los otros factores causan la degradación de los alimentos en un determinado tiempo, otro de los factores que deterioran a un producto es la luz que afecta a los pigmentos y cataliza las oxidaciones. Las influencias destructoras serán mayores, mientras mayor sea en tiempo de exposición del alimento a estos factores de degradación. Por lo tanto, se debe garantizar un buen almacenamiento para preservar el alimento en el tiempo.

Durante el almacenamiento, los alimentos pueden alterarse por tres mecanismos.

- i. Organismos vivos (parásitos, insectos, hongos o bacterias) que pueden desarrollarse en ellos y contaminarlos.
- ii. Actividades bioquímicas (Respiración, enranciamiento, pardeamiento y envejecimiento) que pueden reducir su calidad o su adecuación para determinados fines y,
- iii. Procesos físicos (ruptura de los envases y fugas del contenido o fenómenos de recristalización, en productos de pastelería, grasas y alimentos congelados) que pueden tener también un efecto negativo.

3.7 Material de empaque. -

Los plásticos se emplean para fabricar envases, componentes de envase y envases flexibles empleados en el almacenamiento de alimentos deshidratados. La calidad de un producto deshidratado depende del envase, del producto del mismo, de su manejo y de las interacciones entre el producto y el envase pudiéndose presentar problemas por:

- Migración de aditivos, residuos y moléculas del monómero, desde el envase al alimento.
- Pasado de gases, vapores y moléculas del ambiente exterior al espacio libre del envase, o viceversa (permeabilidad).
- Absorción de componentes, incluyendo compuestos aromáticos volátiles y lípidos, al interior del envase.

Entre los tipos principales de plásticos que se utilizan en el envasado de alimentos se tiene: polietileno (PE), poliésteres (PET, PEN, PC), ionómeros, etil-vinil-acetato (EVA), poliamidas (PA), cloruro de polivinilo (PVC), cloruro de polivinileno (PCdC), poliestireno (PS), estireno-butadieno (EB), etileno vinil alcohol (EVOH), materiales celulósicos, acetato de polivinilo (PVA), entre otros.

El polietileno, es el plástico más simple y de mayor uso en la industria del empaque, el polietileno de baja densidad es muy versátil, se adapta a todo tipo de procesamiento de extrusión, inyección, etc.; siendo su aplicación mayor y el más utilizado en la producción de películas para empaques, bolsas, fundas, etc. Se caracteriza por su flexibilidad, buena resistencia al impacto, resistencia a aceites, resistencia a químicos, sensibilidad al calor y bajo costo.

Capítulo 4

4 Materiales y Métodos

4.1 Descripción del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el instituto de investigación y procesos químicos (IIDEPROQ) de la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería, ubicada en Cota Cota calle 30 de la Ciudad de La Paz, Bolivia.

4.2 Materia Prima. -

Para el trabajo de investigación se utiliza Ulupica (*Capsicum cardenasii*) del mercado Rodríguez, de la ciudad de La Paz – Bolivia.

La proveedora la señora Yola Tarquino de Arias, indica que la Ulupica proviene del municipio de Sapahaqui, Provincia Loayza del departamento de La Paz.

Las muestras se mantienen en refrigeración a 4 [°C], hasta su utilización en las pruebas experimentales.

Figura 4.1. Proveedora de materia prima



Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, se realiza un análisis, en el Herbario Nacional de Bolivia, para determinar exactamente el género y la especie con la que se trabaja *Ver Anexo 2*.

Tabla 4.1. Género y Especie de la materia prima

Familia:	Solonaceae.
NC:	<i>Capsicum cardenasii</i> Heiser PP. G. Sm.

Fuente. Formulario Herbario Nacional.

4.3 Equipos y reactivos

La lista de materiales, equipos y reactivos que se emplearon para la realización del presente trabajo de investigación, se encuentran detallados en el *Anexo 3*.

4.4 Metodología a emplear. -

4.4.1 Selección de la materia prima

Uno de los factores más importantes para determinar la calidad el producto, es su cuidadosa y correcta selección, para este fin se selecciona la materia prima según el siguiente detalle:

- ✓ Enteros y bien desarrollados lo que significa que el fruto ha alcanzado el estado de desarrollo que le permita resistir a las condiciones normales de transporte y manejo.
- ✓ De aspecto fresco, sano y consistencia firme.
- ✓ Limpios; prácticamente exentos de cualquier material extraño.
- ✓ Exento de pudriciones o deterioro.
- ✓ Exentos de cualquier olor o sabor extraño.
- ✓ La superficie de los frutos debe ser lisa, brillante con ausencia de grietas o quemaduras causadas por el sol.

Figura 4.2. Selección de la materia prima



Fuente: Elaboración Propia

4.4.2 Preparación de la muestra

La materia prima se sumerge en hipoclorito de sodio al 0,1% durante 15 minutos, con el fin de eliminar las trazas de polvo, suciedad que pueda contener y disminuir la carga microbiana. Luego se procede a un enjuague con agua potable limpia, para eliminar las últimas trazas de suciedad y el olor característico al desinfectante. Finalmente, las muestras frescas se escurren para proceder a eliminar los pedúnculos.

4.5 Caracterización de la materia prima. -

4.5.1 Determinación de las propiedades físicas del fruto

Para el análisis físico de la ulupica, se determinan de la siguiente manera:

Tabla 4.2. Caracterización Física de la materia prima.

Análisis Físico	Método
Dimensiones del Fruto	Medición directa con tornillo micrométrico
Masa del fruto	Medición directa con balanza
Volumen del fruto	Determinación por desplazamiento de líquido
Densidad del fruto	Calculo directo.

Fuente. Elaboración Propia

El peso se determinó por cada 30 ulupicas (*Capsicum cardenasii*) en una balanza analítica marca Corimex. Las medidas se realizaron por triplicado y los resultados de peso se expresaron en gramos (g) Como se muestra en la Figura 4.3.

Figura 4.3. Tornillo micrométrico



Fuente: Elaboración Propia

El tamaño se midió tomando el diámetro ecuatorial de la Ulupica (*Capsicum cardenasii*), estas medidas se realizaron con un micrómetro marca Bosch. Las medidas se realizaron por triplicado y los resultados se reportaron en [mm].

4.5.2 Determinación de las propiedades fisicoquímicas del fruto. -

Para la caracterización de la materia prima se realiza un análisis fisicoquímico, con el objetivo de evaluar sus propiedades fisicoquímicas, a continuación, se detalla los métodos utilizados.

Tabla 4.3. Caracterización Físicoquímica de la materia prima.

Análisis Físicoquímico	Método	Norma
Solidos solubles totales	Refractómetro	AOAC 2000
Acidez	Titulación ácido-base	AOAC 2000
Potencial de Hidrogeno	Método del Potenciómetro	AOAC 2000
Humedad	Balanza de humedad y Método gravimétrico	NB 312026:2006
Cenizas	Calcinación	312030:2006
Grasas Totales	Extracción en equipo Soxhelt	312027:2006
Proteínas	Método Kjeldahl	312029:2006
Fibra	Digestión	312028:2006
Carbohidratos	Calculo Indirecto	312031:2010
Valor Energético	Calculo Indirecto	312032:2006

Fuente. Elaboración Propia

Las pruebas experimentales se realizan por triplicado.

4.5.2.1 Solidos solubles totales

Fueron medidos con un refractómetro digital marca HANNA HI 96801, con escala de 0.0 - 85.0 °Brix, como se muestra en la Figura 4.4. Para esta evaluación se colocaron dos gotas de jugo de la muestra en la superficie del prisma. Las medidas se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron en °Brix. El procedimiento se detalla en el Anexo 9.

Figura 4.4. Refractómetro Digital



Fuente: Elaboración Propia

4.5.2.2 Acidez Titulable

El método consiste en neutralizar los ácidos orgánicos presentes en una porción determinada de muestra, con una solución valorada de álcali NaOH 0.1 [N] usando como indicador fenolftaleína en solución alcohólica al 1%. Se consideró finalizada la valoración cuando las muestras cambian de color y este permanece por más de 30 segundos.

Los resultados pueden ser expresados en términos de un ácido particular, para el caso de los frutos del género *Capsicum*, se expresa en ácido cítrico ya que se encuentra en mayor proporción

Las medidas se realizaron por triplicado, por el método AOAC (2000) 939.05 y los resultados se reportaron como % de Ácido cítrico (Figura 4.5). El procedimiento se detalla en el *Anexo 10*.

Figura 4.5. Titulación con NaOH



Fuente: Elaboración Propia

4.5.2.3 Humedad

4.5.2.3.1 Método de secado en termobalanza

Para la determinación de la humedad se utiliza el método de secado en termobalanza, para este fin utilizamos La termobalanza marca AND MX-50 (

Figura 4.6). Las medidas se realizaron por triplicado y los resultados se reportaron como %humedad. El procedimiento se detalla en el *Anexo 11*.

Figura 4.6. Termobalanza



Fuente: Elaboración Propia

4.5.2.4 Método por secado en estufa

Para la determinación de la humedad por el método de secado en estufa (NB 312026), se utilizó una estufa marca MERMET (Figura 4.7) a 105 °C de temperatura. Las medidas se realizaron por triplicado y los resultados se reportaron como % de humedad. El procedimiento se detalla en el *Anexo 12*.

Figura 4.7. Estufa utilizada para la determinación de humedad



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.8. Determinación de humedad método de secado en estufa



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.9. Muestras secas



Fuente: Elaboración Propia

4.5.3 Cenizas

4.5.3.1 Cenizas totales

Para la determinación de cenizas totales (NB 312030) se utilizó una Mufla marca QUIMIS (Figura 4.10) a 550°C, posteriormente se utilizó un desecador para luego concluir con el pesaje final de las cenizas de Ulupica. El método se describe en el Anexo 13.

Figura 4.10. Determinación de cenizas, muestras en mufla



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.11. Muestras calcinadas en el desecador



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.12. Determinación de Cenizas



Fuente: Elaboración Propia

4.5.4 Grasa

Para la determinación de la materia grasa (NB 312027) presente en la Ulupica se utilizó el método Soxhlet (Figura 4.13) Este procedimiento es detallado en el *Anexo 14*.

Figura 4.13. Determinación de grasas



Fuente: Elaboración Propia

4.5.5 Proteína

Para la determinación de la proteína cruda se utilizó el método de Kjeldahl (NB 312029), detallado en el *Anexo 15*.

4.5.6 Fibra Cruda

Para la determinación de la fibra cruda (NB 312028) se realizó una primera parte desgrasando la materia prima y la segunda parte se realizó las correspondientes digestiones. El procedimiento es detallado en el *Anexo 16*.

Figura 4.14. Primera digestión con solución caliente de H_2SO_4



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.15. Filtración al vacío con embudo Buchner



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.16. Segunda digestión con solución caliente de NaOH



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.17. Filtración al vacío con embudo Gooch



Fuente: Elaboración Propia

4.5.7 Hidratos de Carbono

Los carbohidratos presentes en la Ulupica fueron determinados por cálculos, con la siguiente fórmula.

$$\% \text{Carbohidratos} = 100 - \% \text{Humedad} - \% \text{Cenizas} - \% \text{Proteína} - \% \text{Grasa} \quad \text{Ecuación 4.1}$$

4.5.8 Densidad

Se define densidad como la relación entre la masa de una muestra dada y su volumen.

En una probeta de 100mL se colocan Ulupicas hasta un volumen conocido, posteriormente se pesa las Ulupicas en una balanza y se procede a dividir la masa entre el volumen para conocer la densidad empacada. Las medidas se realizaron con 10 muestras para que el cálculo sea más representativo. El resultado se expresa como [g/mL], utilizando la ecuación que se detalla a continuación.

$$\rho_e = \frac{m}{v} \quad \text{Ecuación 4.2}$$

En bibliografía podemos encontrar diferentes expresiones para el cálculo de la densidad de los alimentos. Choi Okos sugieren la siguiente expresión para el cálculo de densidad del alimento.

$$\rho = \frac{1}{\sum_i \left(\frac{X_i^m}{\rho_i} \right)} \quad \text{Ecuación 4.3}$$

X_i^m : Es la fracción masica de cada componente i

ρ_i : Es la densidad de cada componente i

4.6 Obtención de los datos experimentales del proceso de secado.-

4.6.1 Descripción del túnel de secado. -

La cámara de deshidratación, es un prototipo que se encuentra disponible en laboratorio, sus dimensiones son de 0,50 [m] de largo*0,25[m] de alto* 0,15[m] de ancho. El equipo (Figura 4.18) dispone de un ventilador monofásico que se regula entre 0,60m/s y 1,30 m/s, permite operar a temperaturas de trabajo entre 40°C y 70°C aproximadamente, también cuenta con una resistencia eléctrica disipadora de calor.

Se utiliza este prototipo por los rangos en los que se puede regular, mismos que son ideales para la deshidratación de alimentos. Según diferentes pruebas efectuadas en otros proyectos los rangos de operación para el deshidratado, son de 40°C a 70°C, los mismos no deben alterar en su totalidad a sus propiedades nutricionales. Por otra parte la velocidad de flujo de aire debe ser mínima para que no exista mayor cambio en el alimento que se está tratando y debe encontrarse entre rangos no superiores a 2m/s.

Para el registro de los pesos, se utiliza una balanza conectada en la parte inferior. Las muestras de Ulupica ($m \approx 50g$) se colocan en un platillo de aluminio de dimensiones de 14,5cm*14,5cm*0,5cm. Adicionalmente, para facilitar el cálculo se registra la temperatura ambiental y la humedad relativa del ambiente.

Figura 4.18. Secador de bandeja



Fuente: Elaboración Propia

4.6.1.1 Pruebas Exploratorias - Preliminares. -

Debido a que no existen trabajos de secado de la ulupica en un secador de bandejas, es necesario hacer pruebas preliminares como son las curvas de secado por lo que se consideró la humedad final, flujo de aire y método de escaldado, como parámetros de calidad para

seleccionar las mejores condiciones de proceso, empleándose para ello diferentes temperaturas.

- a) Determinación del rango de flujo de aire para la deshidratación. - El secador que se utiliza solo cuenta con dos rangos de flujo de aire (0,60 [m/s] y 1,30 [m/s]), para la deshidratación de la ulupica.
- b) Determinación del rango de temperatura para la deshidratación. - Para esta parte se utilizan las diferentes temperaturas regulables del equipo 40°C, 50°C, 60°C, y 70°C, con flujo de aire mínimo, para todas las corridas.
- c) Escaldado. - Las muestras de Ulupica (*Capsicum cardenassii*) se sumergen en agua a 87°C durante 2 minutos tal y como lo describen en bibliografía consultada³, luego de este procedimiento inmediatamente se sumergen en agua fría con el fin de evitar que el fruto continúe cocinándose, otras temperaturas y tiempos son desfavorables ya que tiempos mayores ocurren pérdidas por lixiviación por el mayor tiempo de exposición. Otra forma, es el escaldado con salmuera, se utiliza cloruro de sodio (2%p/p) el efecto de añadir esta sal acelera el proceso de deshidratación. Otra salmuera utilizada, con el objetivo de proteger la clorofila y retener el color de hortalizas de color verde, es el carbonato sódico (0,125%p/p) que se añade al agua de escaldado, para mantener el grado de firmeza de los tejidos se añade al agua de escaldado cloruro de calcio (2% p/p). Para la elección del método de escaldado se compara la humedad de cada muestra tratada respectivamente con cada método.

4.6.1.2 Diseño Experimental. -

Un diseño experimental es un esquema de cómo realizar un experimento. El objetivo fundamental de los diseños experimentales radica en el determinar si existe una deferencia significativa entre los diferentes tratamientos del experimento y en el caso de que la respuesta es afirmativa, cuál sería la magnitud de esta diferencia.

Para poder estimar el error experimental, es necesario que los tratamientos aparezcan más de una vez, es decir que se repitan, para así aumentar la precisión, controlar el error experimental y disminuir la desviación estándar de la media. En muchos experimentos es

³ Paita Rojas, Edwing Teodoro y Guevara Pérez, que realizaron pruebas en el rocoto verde (*Capsicum pubescens*, R. y P.)

necesario que se controle sistemáticamente la variabilidad producida por diferentes fuentes extrañas ya que se desea que el error experimental sea lo más pequeño posible.

(Montgomery, 2004) La formación de bloques es una técnica de diseño que se utiliza para mejorar la precisión de las comparaciones que se hacen entre los factores de interés. Muchas veces la formación de bloques se emplea para reducir o eliminar la variabilidad transmitida por factores perturbadores; es decir, aquellos factores que pueden influir en la respuesta experimental, pero en los que no hay un interés específico.

Cuando se realiza un experimento factorial 2^k , por lo general se supone linealidad de los efectos de los factores, sin embargo, al ser solo una suposición es necesario agregar puntos centrales en el diseño 2^k .

Por lo tanto, al tener los rangos de temperatura del deshidratado y los métodos de escaldado, se obtiene los niveles del diseño experimental 2^k , donde k representa cada factor (temperatura, flujo de aire y método de escaldado), por lo consultado en la bibliografía, se utiliza un diseño experimental 2^k con dos replicas, dos bloques y tres puntos centrales.

4.6.1.3 Determinación de las curvas de secado. -

Conversión de datos

Los datos que se obtienen del experimento de secado, generalmente se expresan como peso total (S) del sólido húmedo a diferentes tiempos de "t" horas en el periodo de secado. Estos valores se pueden convertir a datos para obtener la velocidad de secado con los siguientes procedimientos.

Paso 1:

$$\%S_s = 100 - \%H \quad \text{Ecuación 4.4}$$

$$m_{ss} = m_o - \left(\% \frac{S_s}{100}\right) \quad \text{Ecuación 4.5}$$

Dónde: m_o es la masa inicial que se somete al secado.

Paso 2: Luego se realiza los cálculos para obtener la humedad en base seca, utilizando la Ecuación 4.3. Donde:

$$x_{bs} = \frac{m - m_{ss}}{m_{ss}} \quad \text{Ecuación 4.6}$$

Dónde: m es la masa de la muestra que se está tratando en un tiempo t . y m_{ss} la masa del sólido seco.

Paso 3: Adicionalmente para calcular la velocidad de secado, se calcula la humedad libre.

$$X_L = x_{bs,t} - X_e \quad \text{Ecuación 4.7}$$

Posteriormente se calcula la humedad media y para finalizar se calcula la velocidad de secado relacionando, el área de secado con los valores obtenidos y calculados:

$$N_a = - \left(\frac{S_s}{A} \right) \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \text{Ecuación 4.8}$$

Dado que se tiene los cálculos se procede a obtener las curvas de secado (gráficas).

Finalmente se procede a la elección de los niveles con los que se trabaja en el diseño experimental, para posteriormente obtener los parámetros óptimos de secado y así determinar las curvas de secado correspondiente.

4.6.2 Molienda y Tamizado. -

El proceso de molienda y tamizado es secuencial, para la molienda el método consiste en disminuir el tamaño de partícula para lo cual se utiliza un molino manual el producto obtenido pasa por un juego de tamices de la serie ASTM, mediante el cual se determina la granulometría.

4.6.3 Caracterización del producto final. -

Para la caracterización del producto final se realizan los mismos análisis que se utiliza con el producto en estado fresco.

4.6.4 Envasado y Almacenamiento. -

Una vez obtenido el producto se deja enfriar antes de envasar para evitar la condensación de vapor. El producto se envasa en bolsas de polipropileno de alta densidad y se almacena en un lugar fresco sin exponer al sol ni la humedad.

4.6.5 Análisis Microbiológico. -

Se realiza análisis microbiológico para moho, levaduras y bacterias mesófitas aerobias, para determinar la calidad del producto final. La muestra se lleva a análisis al laboratorio de INLASA.

“Los frutos Capsicum pueden tener un contenido de humedad entre 60 y 80% dependiendo del momento en el que son cosechados, esta humedad debe ser reducida a valores entre 3 y 14% y las temperaturas de trabajo no deben ser muy altas ya que podrían causar pérdida de color, aroma y algunas propiedades importantes del fruto.”

4.7 Molienda

Algunos países realizan la molienda del fruto Capsicum, cuando se tiene una humedad del 10% ya que a valores menores de humedad se observa que el calor generado puede afectar el color. Además, consideran importante añadir un 5% de semillas ya que el contenido de grasa de las mismas distribuiría uniformemente el color en todas las partículas, pero si se añade más del porcentaje señalado el polvo podría aumentar la pungencia del producto final y por ende el producto sería desagradable.

4.8 Tamizado

Un tamaño óptimo de partícula es aquel que permita una veloz penetración del solvente en toda la partícula con una rápida transferencia del soluto y que permita alcanzar el equilibrio rápidamente. Las partículas pequeñas y lisas en forma de escama son las que cumplen estas condiciones. También se debe tener en cuenta que partículas muy pequeñas dificultan esta operación al impedir la circulación uniforme del disolvente.

En el producto obtenido se controla el módulo de fineza, índice de uniformidad y el tamaño de partícula. Posteriormente se caracteriza el producto final.

Capítulo 5

5 Resultados y discusión

5.1 Caracterización de la ulupica (*Capsicum cardenasii*)

5.1.1 Características organolépticas

Tabla 5.1. Características Organolépticas

Propiedad	Resultado
Sabor	Característico
Olor	Característico
Aspecto	Característico
Color	Característico

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2 Tamaño

Tabla 5.2. Determinación de tamaño

N°	Tamaño	N°	Tamaño	N°	Tamaño
1	6,400	11	5,430	21	5,450
2	6,220	12	5,620	22	6,260
3	6,250	13	6,030	23	6,330
4	6,260	14	6,450	24	5,570
5	6,280	15	5,800	25	5,420
6	6,400	16	5,570	26	5,020
7	6,200	17	5,440	27	5,420
8	5,030	18	5,260	28	5,000
9	5,750	19	5,580	29	4,720
10	5,650	20	5,450	30	4,570
<i>Promedio</i>				5,694	
<i>Varianza</i>				0,281	
<i>Desviación Estándar</i>				0,530	
<i>Error</i>				0,198	

Fuente: Elaboración Propia

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = 2.045 \quad ; \quad \text{Tamaño [mm]} = (5,694 \pm 0,198)[mm]$$

Los factores principales que puede influir en el tamaño de un fruto se debe a la edad de la planta, los números de fruto en la planta, el manejo del suelo, el estado fitosanitario de la planta, el clima, el periodo de tiempo de crecimiento y el estado de madurez de la cosecha. Por lo que es normal la variación en el tamaño de los frutos de ulupica.

5.1.3 Peso

Tabla 5.3. Determinación de peso

N°	m [g]
1	12,8510
2	12,8512
3	12,8421
4	13,2187
5	13,2186
6	13,2187
7	13,2830
8	13,2823
9	13,2830
10	12,8604
<i>Promedio</i>	13,091
<i>Varianza</i>	0,043
<i>Desviación Estándar</i>	0,208
<i>Error</i>	0,149

Fuente: Elaboración Propia

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = 2.262$$

$$\text{Peso [g]} = (13,091 \pm 0,149)[g]$$

Como se puede observar el peso de un fruto de ulupica está en promedio entre los 13,091 gramos, el peso mayor que resulta de las mediciones es de 13,2830 gramos y el menor es de 12,8421 gramos. Esta variación puede explicarse por el hecho de que los frutos de ulupica presentan diferentes porcentajes en el contenido de agua ya que el crecimiento es variado debido al abastecimiento de agua a través del sistema radicular de la planta.

5.1.4 Sólidos Solubles (°Brix)

El desarrollo del procedimiento se explica a detalle en el acápite 4 y el Anexo 9.

Tabla 5.4. Determinación de sólidos solubles

N°	°Brix
1	10,100
2	10,200
3	11,100
4	10,200
5	10,000
6	9,900
7	9,900
8	9,700
9	9,900
10	10,800
Promedio	10,180
Varianza	0,193
Desviación Estándar	0,439
Error	0,314

Fuente: Elaboración Propia

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = 2.262$$

$$^{\circ}\text{Brix} = (10,180 \pm 0,314)^{\circ}\text{Brix}$$

5.1.5 Acidez Titulable

El desarrollo del procedimiento se explica a detalle en el acápite 4.

- Preparación de Solución de Hidróxido de sodio

$$250[\text{mL}] * \frac{1[\text{L}]}{1000[\text{mL}]} * \frac{0,1[\text{eq} - \text{g}]}{1[\text{L}]} * \frac{1[\text{mol}]}{1[\text{eq} - \text{g}]} * \frac{40[\text{g}]}{1[\text{mol}]} * \frac{100[\text{g}]p}{99[\text{g}]i} = 1,010[\text{g}]NaOH$$

- Fórmula para determinar la Acidez

$$\% \text{ Acido Citrico} = \frac{V * N * 0,064 * M * 100}{A * m} \quad \text{Ecuación 5.1}$$

Donde:

V: Volumen gastado en la titulación [mL]

N: Normalidad de la solución usada para la titulación 0,1[(eq – g)/L]

E: Factor de corrección del Ácido cítrico (0,064)

M: Volumen total de la mezcla 100 [mL]

A: Alicuota de la muestra 10[mL]

m: masa de la muestra 10[g]

Tabla 5.5. Acidez Titulable

N°	V (NaOH) [mL]	% Ácido Cítrico
1	3,7000	2,3680
2	3,8000	2,4320
3	3,7000	2,3680
Promedio		2,3893
Varianza		0,0014
Desviación Estándar		0,0370
Error		0,0918

Fuente: Elaboración Propia

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = 4.303$$

$$\% \text{ Ácido Cítrico} = (2,389 \pm 0,092) \%$$

5.1.6 Determinación de la humedad. -

Con respecto a la humedad de la muestra, se realiza el procedimiento por dos métodos distintos.

- Método por balanza de humedad.
- Método de secado en estufa.

5.1.6.1 Determinación de la humedad método de la balanza de humedad

Tabla 5.6. Determinación de humedad, método balanza de humedad

N°	T [°C]	t [min]	mo [g]	mf [g]	% x
1	105	35,9	4,3110	2,2115	79,56
2	105	44,1	4,8012	2,2449	80,07
3	105	41,7	4,1480	2,1362	79,79
Promedio					79,807
Varianza					0,065
Desviación estándar					0,255
Error					0,635

Fuente: Elaboración Propia

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = 4.303$$

$$\% \bar{H} = (79,807 \pm 0,635) \%$$

5.1.6.2 Determinación de humedad método de secado en estufa

Tabla 5.7. Determinación de humedad, método de secado en estufa

N°	T [°C]	mc [g]	mo [g]	mf [g]	mf [g]	% x
1	130	22,4806	4,0520	23,3228	0,8422	79,2152
2	130	22,0787	4,0374	22,9176	0,8389	79,2218
3	130	18,5954	4,0755	19,4439	0,8485	79,1805
Promedio					79,2058	
Varianza					0,0005	
Desviación estándar					0,0222	
Error					0,0551	

Fuente: Elaboración Propia

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = 4.303$$

$$\% \bar{H} = (79,206 \pm 0,055) \%$$

Tabla 5.8. Comparación de resultados (humedad)

Resultados Experimentales	Resultados INLASA
$\% \bar{H} = (79,807 \pm 0,635) \%$	$\%H = 80,99 \%$
$\% \bar{H} = (79,206 \pm 0,055) \%$	

Fuente: Elaboración Propia

5.1.7 Cenizas Totales

Para la determinación de cenizas tóales se utiliza la siguiente formula que se utiliza en la AOAC.

$$\text{Cenizas Totales} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} * 100\% \quad \text{Ecuación 5.2}$$

Donde:

Masa del crisol: m

Masa de crisol + muestra: m₁

Masa del crisol + cenizas: m₂

Tabla 5.9. Determinación de cenizas totales

N°	m [g]	m1 [g]	m2 [g]	% Cenizas totales
1	22,2613	25,2655	22,3035	1,4047
2	21,1063	24,1254	21,1485	1,3978
3	21,9006	25,0831	21,9452	1,4014
<i>Promedio</i>				1,4013
<i>Varianza</i>				0,0000
<i>Desviación estándar</i>				0,0035
<i>Error</i>				0,0086

Fuente: Elaboración Propia

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = 4.303$$

$$\% \bar{C} = (1,401 \pm 0,009)\%$$

Tabla 5.10. Comparación de resultados (cenizas)

Resultados Experimentales	Resultados INLASA
$\% \bar{C} = (1,401 \pm 0,009)\%$	$\%C = 1,45 \%$

Fuente: Elaboración Propia

5.1.8 Materia Grasa

El desarrollo del procedimiento se explica a detalle en el acápite 4.

Tabla 5.11. Determinación de materia grasa

N°	mo	m1	m2	%MG
1	3,2828	119,6645	119,6487	0,4813
2	3,2852	120,5187	120,5027	0,4870
3	3,2518	119,1984	119,1827	0,4828
<i>Promedio</i>				0,4837
<i>Varianza</i>				0,0000
<i>Desviación Estándar</i>				0,0030
<i>Error</i>				7,3857E-03

Fuente: Elaboración Propia

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = 4.303 \quad \% \overline{MG} = (0,484 \pm 0,007)\%$$

Tabla 5.12. Comparación de resultados (materia grasa)

Resultados Experimentales	Resultados INLASA
$\% \overline{MG} = (0,484 \pm 0,007)\%$	$\%MG = 0,58 \%$

Fuente: Elaboración Propia

5.1.9 Proteínas

El desarrollo del procedimiento se explica a detalle en el acápite 4.

Ya que el equipo para determinar Proteínas (Equipo Kjeldahl) se encontraba en mantenimiento se utilizó solo los datos expuestos por INLASA.

$$\%N = \frac{14 * N * V}{m * 1000} * 100\% \quad \text{Ecuación 5.3}$$

$$\%P = \frac{14 * N * V * f}{m * 1000} * 100\% \quad \text{Ecuación 5.4}$$

$$\%P = \%N * f \quad \text{Ecuación 5.5}$$

Donde:

f: Factor de conversión de % de proteínas

N: Normalidad del ácido

V: 50[ml] de ácido sulfúrico 0,1 [N] – gasto de hidróxido de sodio 0,1[N]
= gasto del ácido clorhídrico 0,1[N]

Tabla 5.13. Determinación del porcentaje de nitrógeno en la muestra

Nitrógeno				
N°	Mo	V[mL]	N	%N
1	2,1023	7,3	0,1	0,4861
2	2,1134	7,5	0,1	0,4968
3	2,1081	7,3	0,1	0,4848
<i>Promedio</i>				0,4893

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.14. Determinación de Proteínas

Proteínas				
N°	Mo	N	f	%P
1	2,0023	0,4861	6,25	3,0383
2	1,9883	0,4968	6,25	3,1052
3	2,0081	0,4848	6,25	3,0300
<i>Promedio</i>				3,0578
<i>Varianza</i>				0,0017
<i>Desviación Estándar</i>				0,0412
<i>Error</i>				0,1042

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = 4.303$$

$$\% \bar{P} = (3,058 \pm 0,102)\%$$

Tabla 5.15. Comparación de resultados (proteínas)

PROTEÍNAS	
Resultados Experimentales	Resultados INLASA
$\% \bar{P} = (3,058 \pm 0,102)\%$	$\%P = 3,52 \%$

Fuente: Elaboración Propia

5.1.10 Fibra Cruda

El desarrollo del procedimiento se explica a detalle en el acápite 4.

- Preparación de solución de Hidróxido de Sodio

$$500[mL] * \frac{1[L]}{1000[mL]} * \frac{0,313[eq - g]}{1[L]} * \frac{1[mol]}{1[eq - g]} * \frac{40[g]}{1[mol]} * \frac{100[g]p}{99[g]i} = 6,3230[g]NaOH$$

- Preparación de Solución de Ácido Sulfúrico

$$500[mL] * \frac{1[L]}{1000[mL]} * \frac{0,255[eq - g]}{1[L]} * \frac{1[mol]}{2[eq - g]} * \frac{98[g]}{1[mol]} * \frac{100[g]p}{95,98[g]i} * \frac{1[mL]}{1,840[g]} = 3,5376[g]H_2SO_4$$

Tabla 5.16. Determinación del contenido de fibra en la muestra

Fibra Cruda				
N°	Mo	m1	m2	%Fibra
1	2,0035	46,2832	46,1657	5,8647
2	2,0021	46,3018	46,1842	5,8738
3	2,0025	46,2365	46,1198	5,8277
Promedio				5,8554
Varianza				0,0006
Desviación Estándar				0,0244
Error				0,0668

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = 4.303$$

$$\% \bar{FC} = (5,8554 \pm 0,067)\%$$

Tabla 5.17. Comparación de resultados (fibra cruda)

FIBRA CRUDA	
Resultados Experimentales	Resultados INLASA
$\% \overline{FC} = (5,8554 \pm 0,067)\%$	$\%FC = 6,44 \%$

Fuente: Elaboración Propia

5.1.11 Hidratos de Carbono

El desarrollo del procedimiento se explica a detalle en el acápite 4.

$$\%HC = 100 - (\%H + \%C + \%MG + \%P) \quad \text{Ecuación 5.6}$$

5.1.11.1 Hidratos de Carbono.

El desarrollo del procedimiento se explica a detalle en el acápite 4.

$$\%HC = 100 - (\%H + \%C + \%MG + \%P)$$

$$\%HC = (100 \pm E) - (\%H \pm E_H) - (\%C \pm E_C) - (\%MG \pm E_{MG}) - (\%P \pm E_P)$$

$$\%HC = (100 \pm 0) - (79,206 \pm 0,055) - (1,401 \pm 0,005) - (0,484 \pm 0,007) - (3,058 \pm 0,102)$$

$$\%HC = (100 - 79,206 - 1,401 - 0,484 - 3,058) \pm (0 + 0,055 + 0,005 + 0,007 + 0,102)$$

$$\%HC = (15,851 \pm 0,169)\%$$

Tabla 5.18. Comparación de resultados (Hidratos de carbono)

HIDRATOS DE CARBONO	
Resultados Experimentales	Resultados INLASA
$\%HC = 15,85 \%$	$\%HC = 13,46 \%$

Fuente: Elaboración Propia

5.1.12 Valor Energético

Se determina por cálculo directo, donde interviene el porcentaje de materia grasa, proteínas y carbohidratos, según la siguiente formula.

$$\%Calorias = (\%Materia\ Grasa * 9) + (\%Proteinas * 4) + (\%Carbohidratos * 4) \quad \text{Ecuación 5.7}$$

$$\%Calorias = 9 * (\%MG \pm E_{MG}) + 4 * (\%P \pm E_P) + 4 * (\%hC \pm E_{hC})$$

$$\%Calorias = 9 * (0,484 \pm 0,007) + 4 * (3,058 \pm 0,102) + 4 * (15,851 \pm 0,169)$$

$$\%Calorias = (79,992 \pm 1,147)Kcal$$

5.1.13 Densidad

- Determinación de la densidad por desplazamiento de volumen. - Se realizó diez pruebas para la determinación de la densidad. Los resultados se muestran a continuación.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{Ecuación 5.8}$$

Tabla 5.19. Determinación de la densidad

N°	Masa de ulupica [g]	Volumen de la probeta [mL]	Volumen de la probeta con la muestra [mL]	Diferencia de volumen [mL]	Densidad [g/mL]
1	3,2981	40	43	3	1,099
2	3,5654	40	44	4	0,891
3	3,5759	40	44	4	0,894
4	3,2907	40	43	3	1,097
5	3,5735	40	44	4	0,893
6	3,7049	40	45	5	0,741
7	3,2986	40	43	3	1,100
8	3,6876	40	45	5	0,738
9	3,2975	40	43	3	1,099
10	3,7018	40	45	5	0,740
Promedio					0,929
Varianza					0,025
Desviación estándar					0,159
Error					0,114

Fuente: Elaboración Propia

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = 2,262 \quad \bar{\rho} = (0,929 \pm 0,114) \left[\frac{g}{mL} \right]$$

Realizando una comparación de los resultados obtenemos la siguiente tabla:

Tabla 5.20. Composición Fisicoquímica de ulupica por cada 100 gramos de porción comestible

Análisis	Resultados Experimentales	Resultados INLASA
Humedad^(a)	% $\bar{H} = (79,807 \pm 0,635) \%$	
Humedad^(b)	% $\bar{H} = (79,206 \pm 0,055) \%$	%H = 80,99 %
Cenizas Totales	% $\bar{C} = (1,401 \pm 0,009) \%$	%C = 1,45 %
Grasas	% $\overline{MG} = (0,484 \pm 0,007) \%$	%MG = 0,58 %
Fibra cruda	% $\overline{FC} = (5,855 \pm 0,067) \%$	%FC = 6,44 %
Proteínas	% $\bar{P} = (3,058 \pm 0,102) \%$	%P = 3,52 %
Carbohidratos	%HC = (15,851 \pm 0,169)%	%HC = 13,46 %
Acidez	% Ac. Cítrico = (2,389 \pm 0,092) %	
°Brix	°Brix = (10,180 \pm 0,314)°Brix	
Valor Energético	Cal = (79,992 \pm 1,147) Kcal	74 kcal

(a) Humedad obtenida en balanza de humedad (b) Humedad obtenida por el método de estufa

Fuente: Elaboración Propia

5.2 Pruebas preliminares en el secado de la Ulupica (*Capsicum cardenasii*)

Actualmente las personas encargadas de cosechar la ulupica emplean el método de secado solar, en el cual el producto se expone directamente al sol. Dependiendo de las condiciones climáticas, la temperatura es variable, lo cual afecta sensiblemente a la calidad de la ulupica. El hecho de que no se cuentan con antecedentes del procedimiento de secado de ulupica en un secador de bandejas, se realiza pruebas experimentales del proceso de secado, cuando se emplea un secador de bandejas, que permiten determinar los rangos óptimos de temperatura, flujo de aire y método de escaldado para deshidratar ulupica.

Por lo tanto se toma en cuenta los siguientes puntos:

- El equipo, se regula a cuatro diferentes temperaturas 40,50, 60 y 70°C., es así que se realiza pruebas experimentales para la elegir los rangos de temperatura de trabajo.
- El equipo se regula a dos diferentes flujos de aire 0,59 y 1,59 m/s, por lo que solo se trabaja con estos mencionados.
- Para el fruto se realiza el tratamiento de fruto entero, dado a las dimensiones del fruto (D<10mm).

- Para la determinar el método de tratamiento térmico es necesario someter a escaldado una muestra y determinar el porcentaje de humedad, para el cual se utiliza el método de la balanza de humedad.

En la Tabla 5.21 se observa que el contenido de humedad de la muestra sometida a tratamiento de escaldado (87°C; 2min) es mayor a la humedad de la muestra inicial sin tratamiento térmico, esto es debido a que existe una alteración en la estructura (reblandecimiento de tejido), permitiendo una mayor eliminación de agua.

El contenido de humedad de una muestra sometida al proceso de escaldado con NaCl (87°C; 2 min; 2% p/p), presenta una mínima diferencia comparada con la muestra sin tratamiento de escaldado.

El contenido de humedad de una muestra tratada con Na₂CO₃ (87°C; 2min; 0,125% p/p), presenta una mínima diferencia comparada con la muestra sin tratamiento térmico. El contenido de humedad de las muestras tratadas con CaCl₂ y con Na₂S₂O₅, presentan diferencias significativas comparadas con la humedad inicial de una muestra sin tratamiento de escaldado, estas al ser menores se descartan del análisis. Por lo tanto, las salmueras a ser estudiadas en el proceso de secado son NaCl, Na₂CO₃ y escaldado con agua.

Por otra parte, la humedad de equilibrio de una muestra que es sometida a tratamiento de escaldado, por cualquier método (escaldado térmico, escaldado con sales), es diferente a una muestra que no es sometida a tratamiento de escaldado, por lo que se debe determinar nuevamente la humedad de equilibrio.

Tabla 5.21. Porcentajes de Humedad con diferentes tratamientos térmicos

Método	%Humedad
Sin Escaldar	%Humedad = (82,039 ± 0,308) %
Escaldado	%Humedad = (82,495 ± 0,160) %
Escaldado con salmuera NaCl	%Humedad = (82,289 ± 0,051) %
Escaldado con salmuera Na₂CO₃	%Humedad = (81,197 ± 0,194) %
Escaldado con salmuera CaCl ₂	%Humedad = (79,950 ± 0,275) %
Escaldado con Na ₂ S ₂ O ₅	%Humedad = (79,829 ± 0,623) %

Fuente: Elaboración Propia

5.3 Pruebas de secado. -

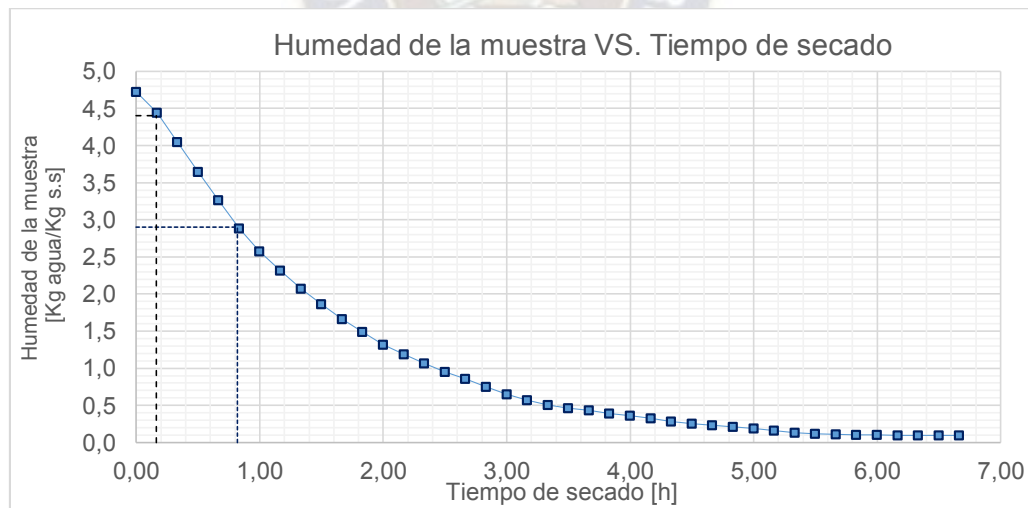
Las pruebas de secado se realizaron utilizando un equipo experimental de secado por aire caliente tipo bandejas.

La prueba experimental de secado consistió en pesar periódicamente el contenido de humedad de una muestra del sólido en intervalos de tiempo medidos desde el inicio de la prueba, manteniendo constantes todas las variables que influyen en el tiempo de secado. Esta medición se realizó tomando el peso del sólido en función del tiempo hasta acercarse a las condiciones de equilibrio; es decir cuando el peso del sólido es constante. Las pruebas de secado se efectuaron utilizando aire a una velocidad constante para todas las corridas y con temperaturas de bulbo seco de 40, 50, 60 y 70°C para el aire de secado.

5.3.1 Resultados para una muestra tratada a 40°C.-

En el gráfico se observa la curva de secado a 40°C esta presenta un periodo de calentamiento de 4 minutos (0,067 h), la humedad crítica toma un valor de 2,90 [Kg agua/Kg s.s] y el tiempo crítico es de 49,20 minutos (0,82 h). El proceso de secado de ulupica a 40°C tuvo una duración de aproximadamente 400 minutos (6,667 horas) (Ver Anexo 14).

Gráfico 5.1. Curva de secado a 40°C

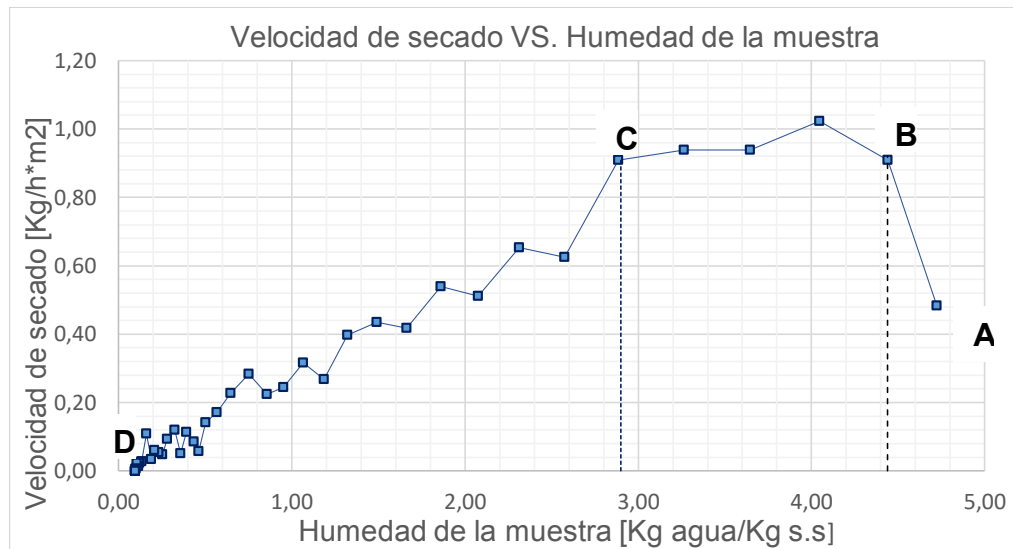


Fuente: Elaboración Propia

Analizando (Gráfico 5.2) la curva de velocidad de secado a 40°C se observa un periodo de calentamiento AB, seguido por un periodo de velocidad constante BC de 0,920 [Kg agua/h·m²], retirando durante ese periodo 2,90 [Kg agua/Kg s.s].

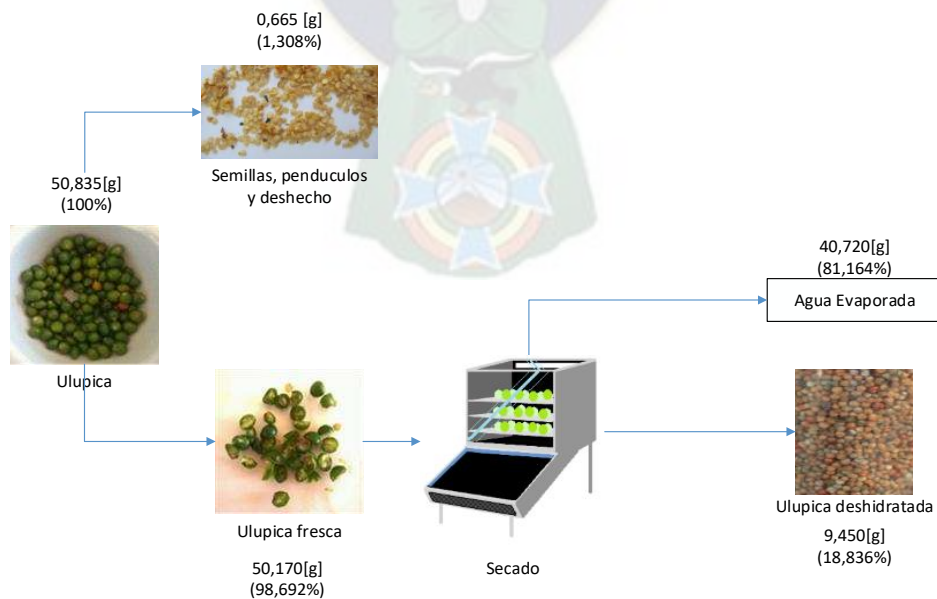
La figura 5.1 indica, por cada 50,835 gramos de ulupica (100%), se obtiene 50,170 gramos de ulupica (98,692%), esta se obtuvo del seleccionado retirando los pendúculos, frutos dañados e impurezas, esa cantidad es utilizada para el proceso de deshidratación de donde se obtiene 9,450 gramos (18,836%) de materia deshidratada el restante 40,720 gramos (81,164%) es agua evaporada.

Gráfico 5.2. Velocidad de secado a 40°C



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.1. Balance de materia de ulupica deshidratada a 40°C

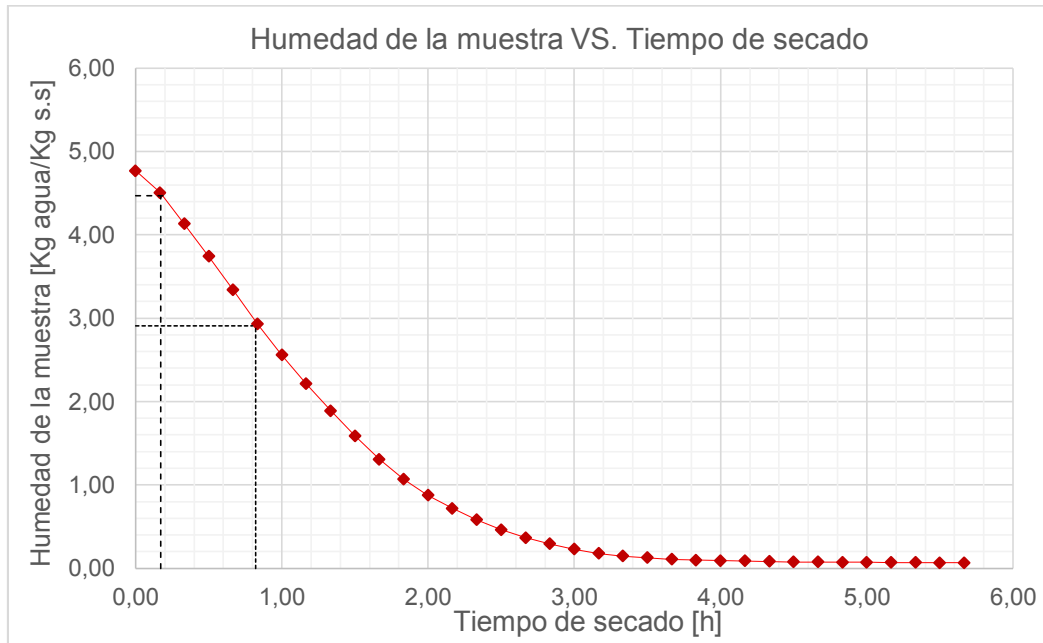


Fuente: Elaboración Propia

5.3.2 Resultados para la muestra tratada a 50°C.-

En el gráfico 5.3 se observa la curva de secado a 50°C esta presenta un periodo de calentamiento de 12 minutos (0,2 horas), la humedad crítica toma un valor de 2,91 [Kg agua/Kg s.s] y el tiempo crítico es de 49,20 minutos (0,82 horas). El proceso de secado de ulupica a 50°C tuvo una duración de aproximadamente 340,2 minutos (5,67 horas) (Ver Anexo 15).

Gráfico 5.3. Curva de secado a 50°C

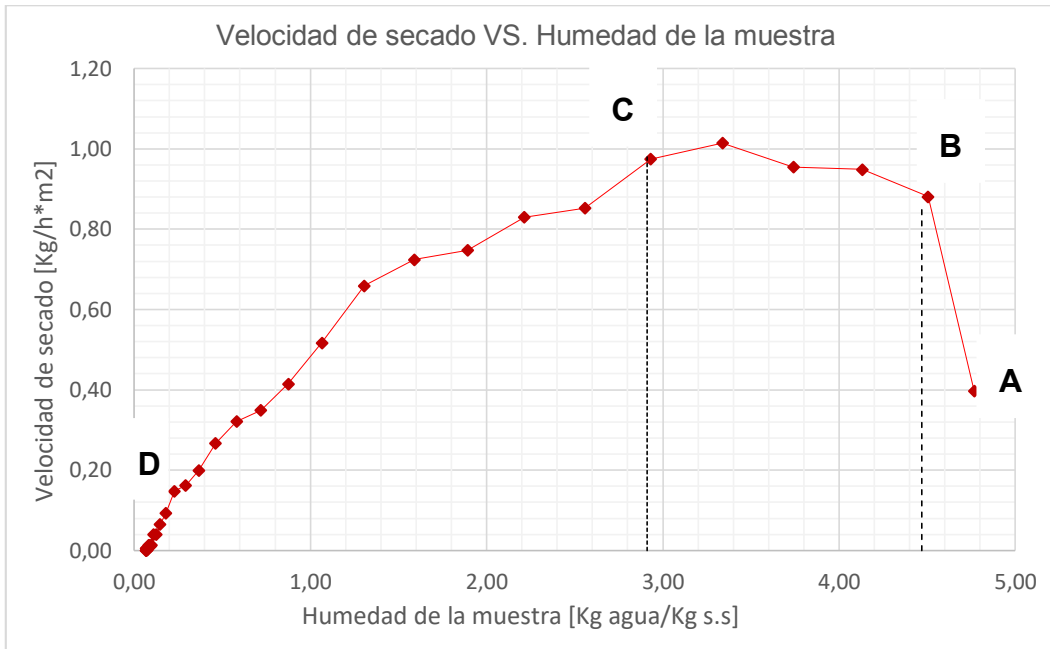


Fuente: Elaboración Propia

Analizando la curva de velocidad de secado a 50°C se observa un periodo de calentamiento AB, seguido por un periodo de velocidad constante BC de 0,980 [Kg agua/h*m²], retirando durante ese periodo 2,90 [Kg agua/Kg s.s]. (Gráfico 5.4).

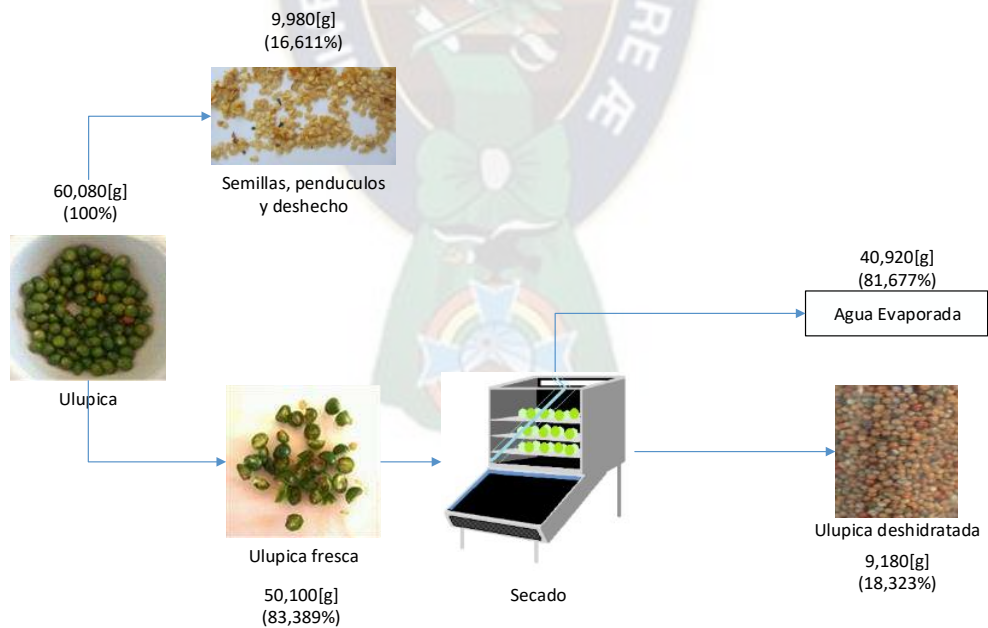
La figura 5.2 indica, por cada 60,080 gramos de ulupica (100%), se obtiene 50,100 gramos de ulupica (83,389%), esta se obtuvo del seleccionado retirando los pedúnculos, frutos dañados e impurezas, esa cantidad es utilizada para el proceso de deshidratación de donde se obtiene 9,180 gramos (18,323%) de materia deshidratada el restante 40,920 gramos (81,677%) es agua evaporada.

Gráfico 5.4. Velocidad de secado a 50°C



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.2. Balance de materia para la ulupica deshidratada a 50°C

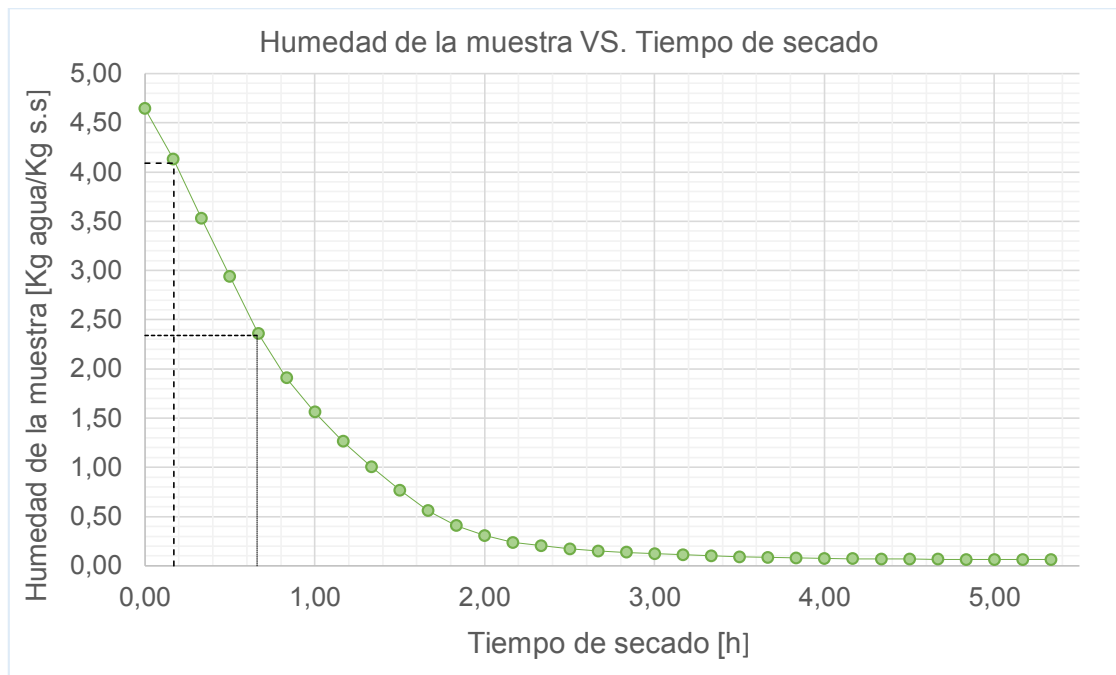


Fuente: Elaboración Propia

5.3.3 Resultados para la muestra tratada a 60°C.-

En el gráfico se observa la curva de secado a 60°C esta presenta un periodo de calentamiento de 10,2 minutos (0,17 horas), la humedad crítica toma un valor de 2,91 [Kg agua/Kg s.s] y el tiempo crítico es de 49,20 minutos (0,82 horas). El proceso de secado de ulupica a 60°C tuvo una duración de aproximadamente 340,2 minutos (5,67 horas) (Ver Anexo 16).

Gráfico 5.5. Curva de secado a 60°C

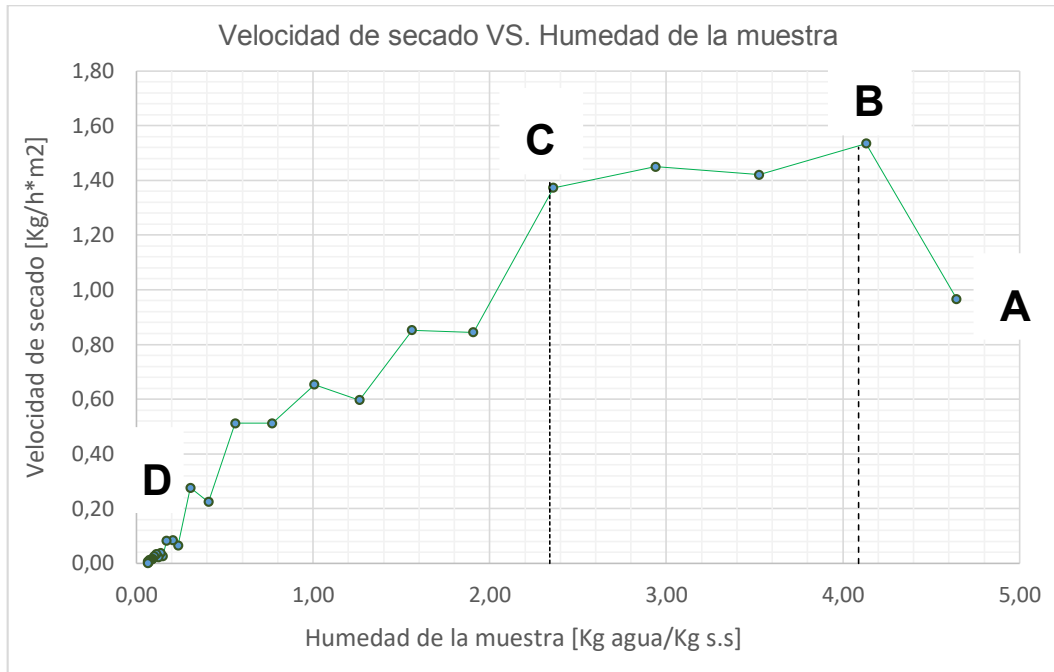


Fuente: Elaboración Propia

Analizando la curva de velocidad de secado a 60°C se observa un periodo de calentamiento AB, seguido por un periodo de velocidad constante BC de 1,40 [Kg agua/ h*m²], retirando durante ese periodo 2,34 [Kg agua/Kg s.s].

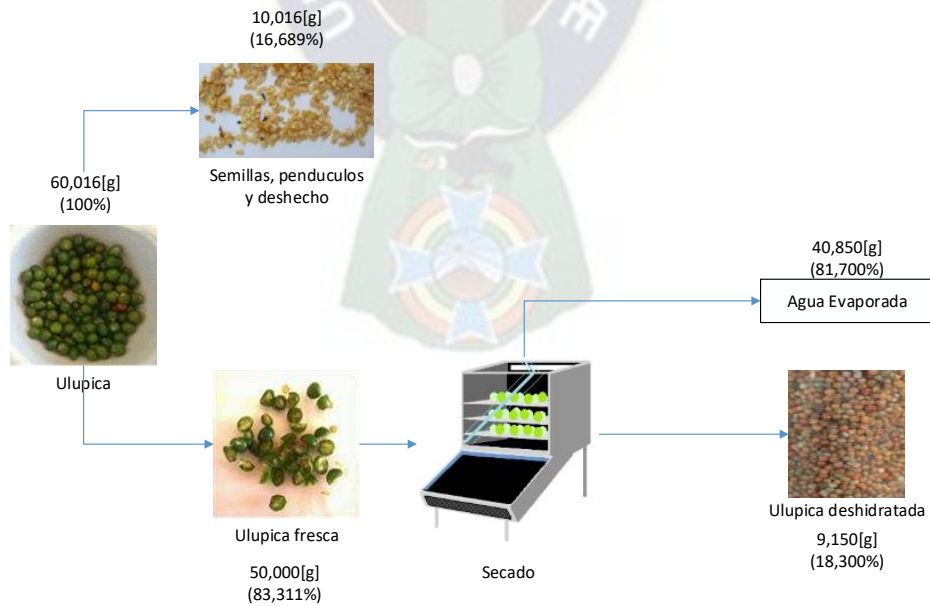
La anterior figura indica, por cada 60,016 gramos de ulupica (100%), se obtiene 50,000 gramos de ulupica (83,311%), esta se obtuvo del seleccionado retirando los pedúnculos, frutos dañados e impurezas, esa cantidad es utilizada para el proceso de deshidratación de donde se obtiene 9,150 gramos (18,300%) de materia deshidratada el restante 40,850 gramos (81,700%) es agua evaporada.

Gráfico 5.6. Velocidad de secado a 60°C



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.3. Balance de materia para la ulupica deshidratada a 60°C

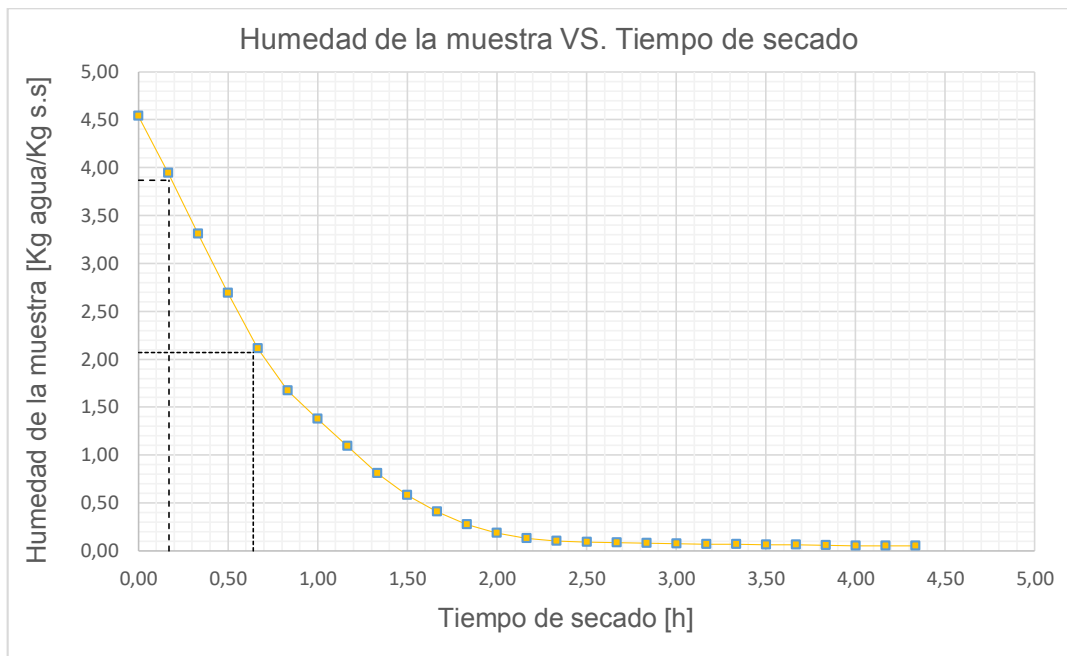


Fuente: Elaboración Propia

5.3.4 Resultados para la muestra tratada a 70°C.-

En el gráfico se observa la curva de secado a 70°C esta presenta un periodo de calentamiento de 10,2 minutos (0,17 horas), la humedad crítica toma un valor de 3,87 [Kg agua/Kg s.s] y el tiempo critico es de 38,40 minutos (0,64 horas). El proceso de secado de ulupica a 60°C tuvo una duración de aproximadamente 259,80 minutos (4,33 horas) (Ver Anexo 17).

Gráfico 5.7. Curva de secado a 70°C

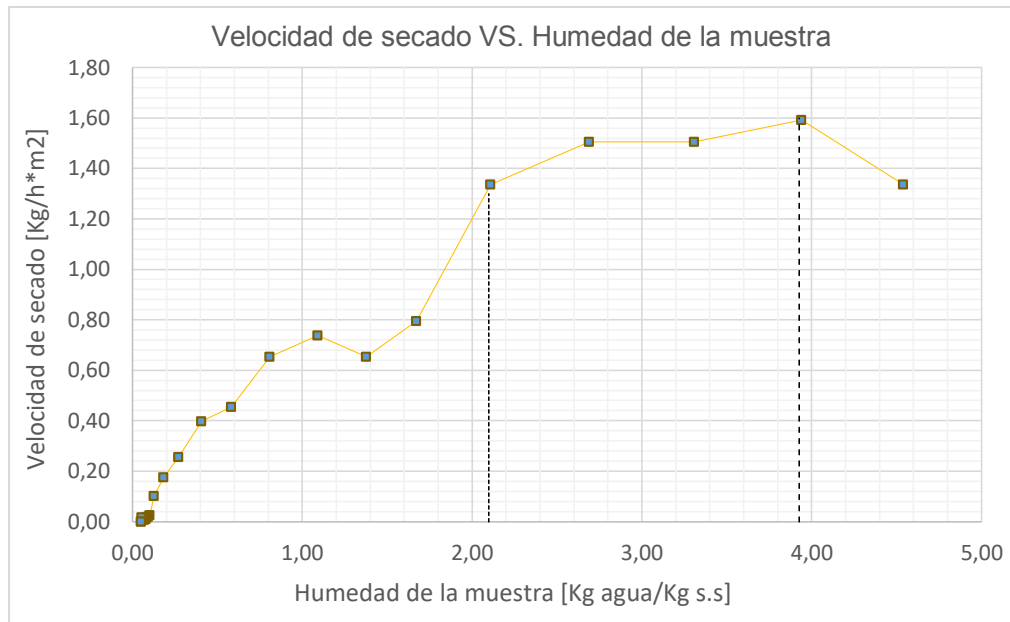


Fuente: Elaboración Propia

Analizando la curva de velocidad de secado a 70°C se observa un periodo de calentamiento AB, seguido por un periodo de velocidad constante BC de 1,30 [Kg agua/ h*m²], retirando durante ese periodo 2,14 [Kg agua/Kg s.s].

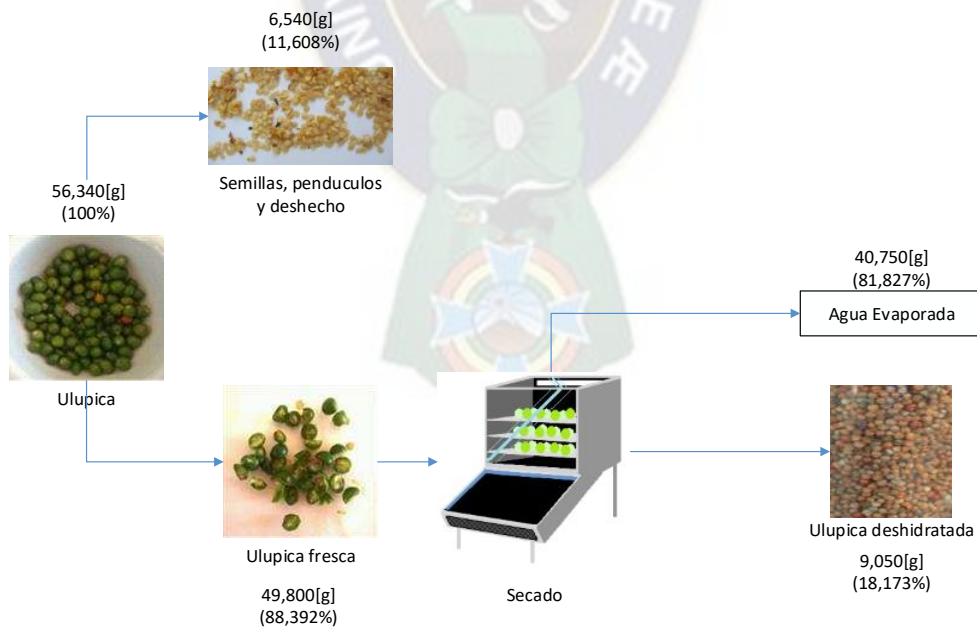
La anterior figura indica, por cada 56,340 gramos de ulupica (100%), se obtiene 49,800 gramos de ulupica (88,392%), esta se obtuvo del seleccionado retirando los pedúnculos, frutos dañados e impurezas, esa cantidad es utilizada para el proceso de deshidratación de donde se obtiene 9,050 gramos (18,173%) de materia deshidratada el restante 40,750 gramos (81,827%) es agua evaporada.

Gráfico 5.8. Velocidad de secado a 70°C



Fuente: Elaboración Propia

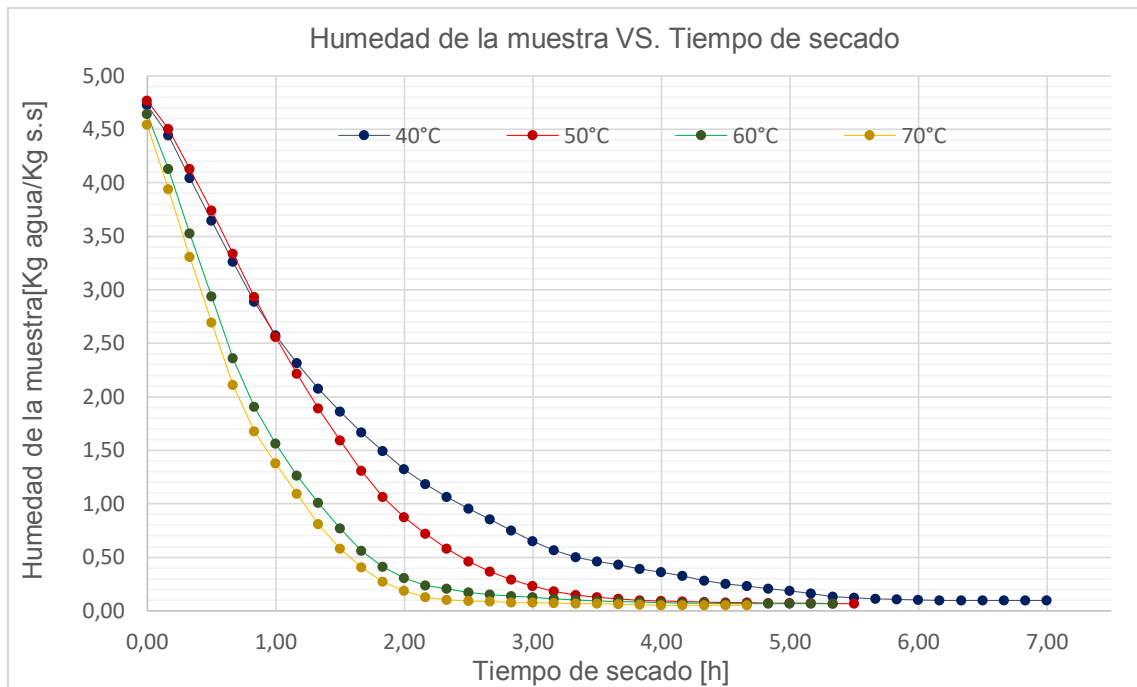
Figura 5.4. Balance de materia para la ulupica deshidratada a 70°C



Fuente: Elaboración Propia

5.3.5 Comparación de los resultados a diferentes temperaturas. -

Gráfico 5.9. Curva de secado a diferentes temperaturas



Fuente: Elaboración Propia

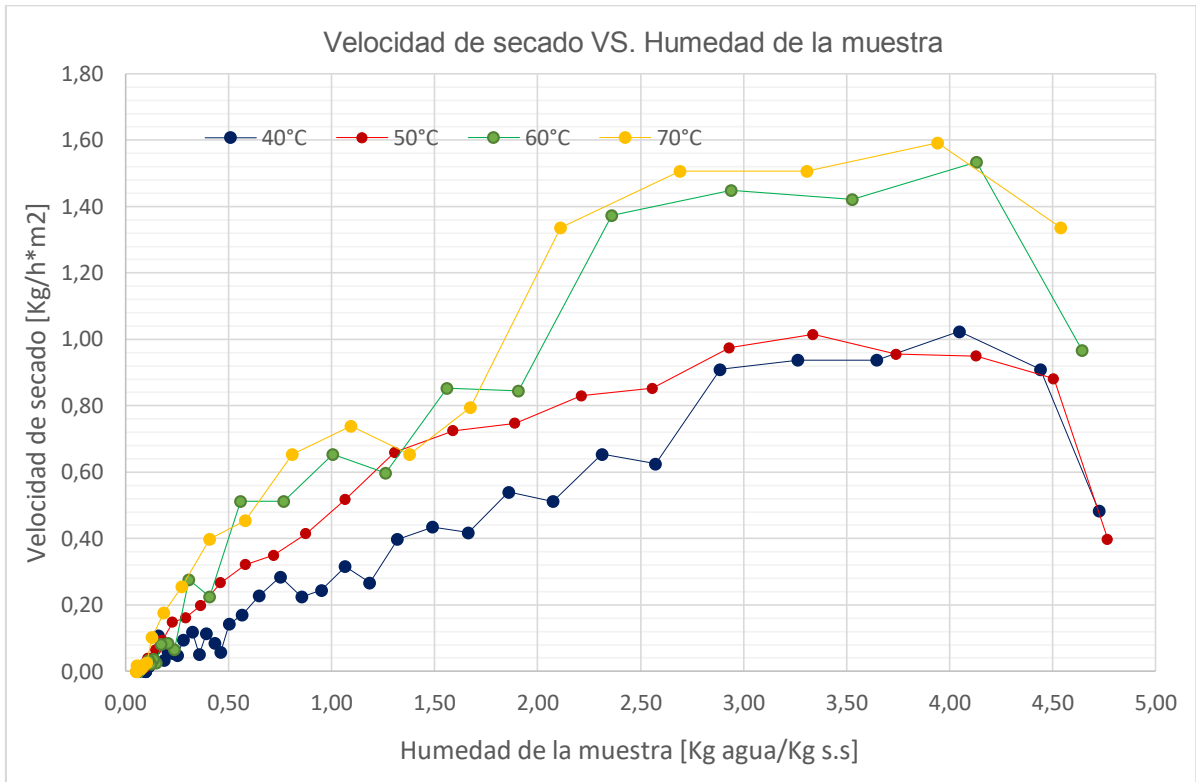
En el gráfico se observa que el tiempo de deshidratado se extiende, cuando se trabaja con 40°C es así que se descarta esta temperatura de trabajo, ya que la lentitud con la que transcurre el proceso es lenta y genera pérdidas de energía. Cuando se trabaja con temperaturas elevadas como 70°C el proceso toma menos tiempo, sin embargo, a esta temperatura se dan variaciones de color en el producto final.

Tabla 5.22 Humedad de equilibrio, humedad crítica y tiempo crítico

Temperatura	X_e	X_c	t_c
[°C]	[Kg de agua/Kg ss.]	[Kg de agua/Kg ss.]	[h]
40	0,097	3,100	0,580 (34,8)
50	0,064	2,570	0,84 (50,4)
60	0,063	2,280	0,50 (30)
70	0,044	2,050	0,53 (31,8)

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 5.10. Velocidad de secado a diferentes temperaturas



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.23. Duración de los periodos de secado [h] a diferentes temperaturas.

Duración de los periodos de secado				
Temperatura	Periodo de Precalentamiento	Periodo de velocidad constante	Periodo de velocidad decreciente	Tiempo total de secado
	AB	BC	CD	
40	0,110 (6,60)	0,580 (34,80)	6,310 (378,60)	7,000 (420)
50	0,200 (12)	0,840 (50,40)	4,270 (277,62)	5,667 (340)
60	0,200 (12)	0,500 (30)	4,330 (259,80)	5,333 (320)
70	0,210 (12,60)	0,530 (31,80)	3,927 (235,62)	4,667 (280)

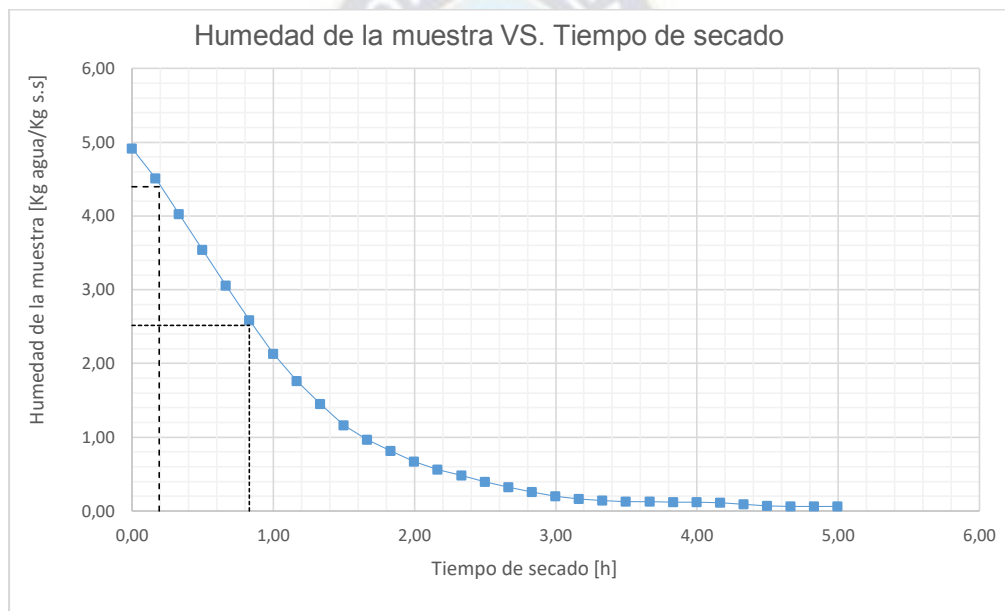
Fuente: Elaboración Propia

5.4 Pruebas de tratamiento térmico. -

5.4.1 Resultado para la muestra tratada con tratamiento térmico. -

En el anterior grafico se observa la curva de secado a 60°C de una muestra sometida a tratamiento térmico (T=87°C; t=2 minutos) presenta un periodo de calentamiento de 10,8 minutos (0,18 horas), la humedad critica toma un valor de 2,55 [Kg agua/Kg ss] y el tiempo critico de 40,2 minutos (0,67 horas). El proceso de deshidratación es de 300 minutos (5 horas) (Ver Anexo 18)

Gráfico 5.11. Curva de secado para muestra con tratamiento térmico

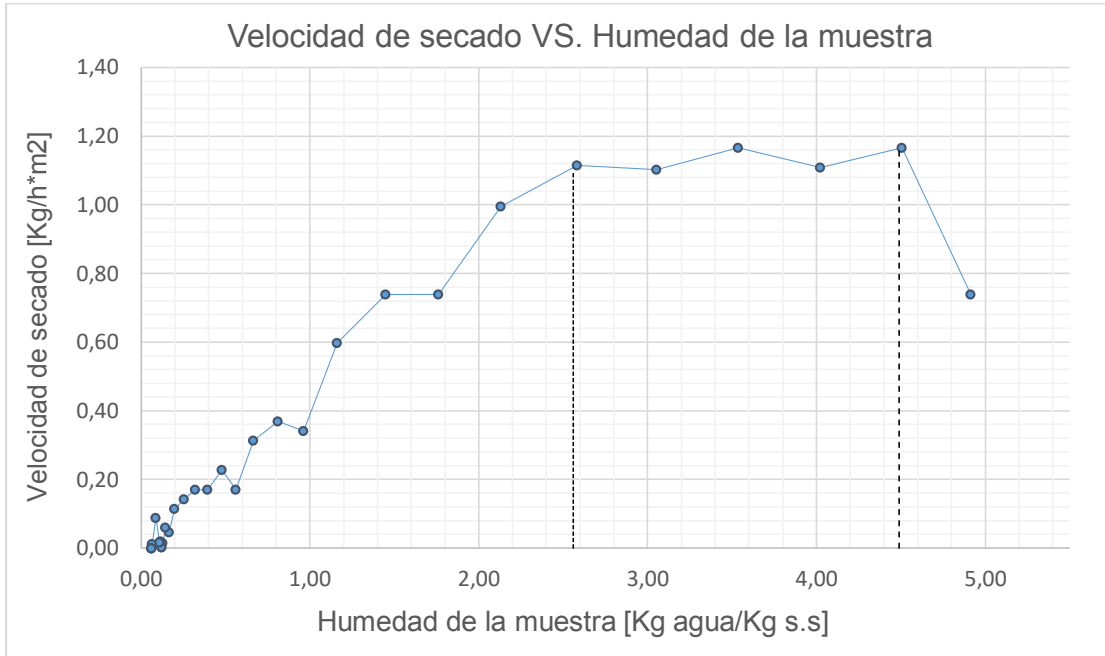


Fuente: Elaboración Propia

En el grafico se observa que la curva de secado a 60°C de una muestra sometida a tratamiento térmico (T=87°C; t=2 minutos), presenta un periodo de calentamiento AB, seguido por un periodo de velocidad constante BC de 1,10 [Kg agua/ h*m²], retirando durante este periodo 2,55 [Kg agua/Kg ss].

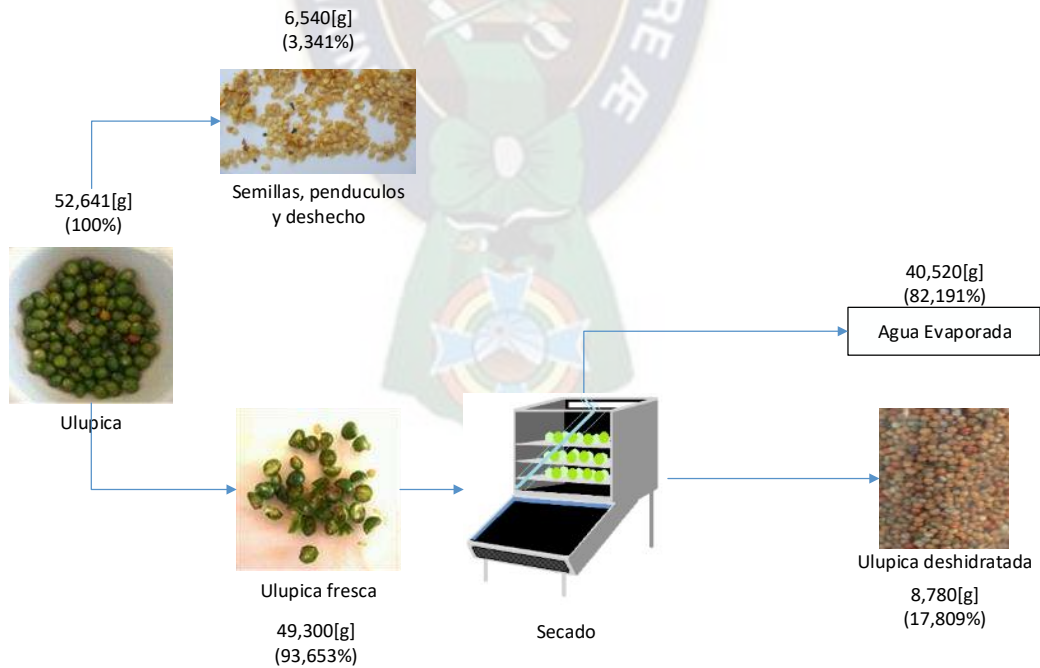
La anterior figura indica, por cada 52,641 gramos de ulupica (100%), se obtiene 49,300 gramos de ulupica (93,653%), esta se obtuvo del seleccionado retirando los pedúnculos, frutos dañados e impurezas, esa cantidad es utilizada para el proceso de deshidratación de donde se obtiene 8,780 gramos (17,809%) de materia deshidratada el restante 40,520 gramos (82,191%) es agua evaporada.

Gráfico 5.12. Velocidad de secado para muestra con tratamiento térmico



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.5. Balance de materia para ulupica deshidratada con tratamiento térmico

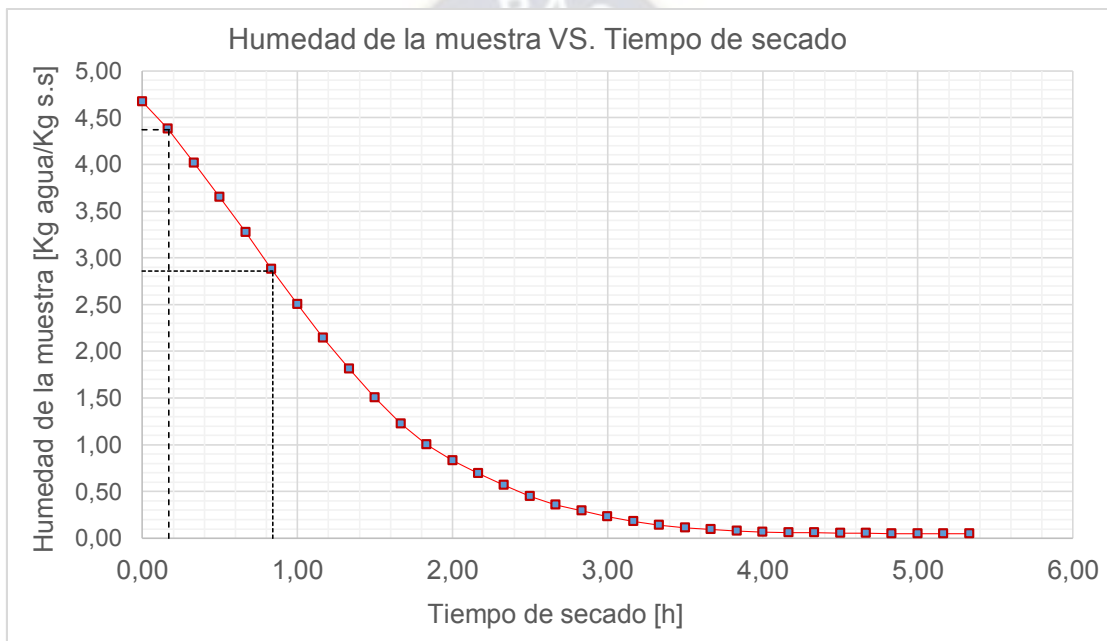


Fuente: Elaboración Propia

5.4.2 Resultado para la muestra tratada con tratamiento térmico NaCl. -

En el anterior grafico se observa la curva de secado a 60°C de una muestra sometida a tratamiento térmico con salmuera (cloruro de sodio; T=87°C; t=2 minutos) presenta un periodo de calentamiento de 10,8 minutos (0,18 horas), la humedad critica toma un valor de 2,55 [Kg agua/Kg ss] y el tiempo critico de 40,2 minutos (0,67 horas). El proceso de deshidratación es de 300 minutos (5 horas) (Ver Anexo 19).

Gráfico 5.13. Curva de secado para muestra tratada con salmuera NaCl

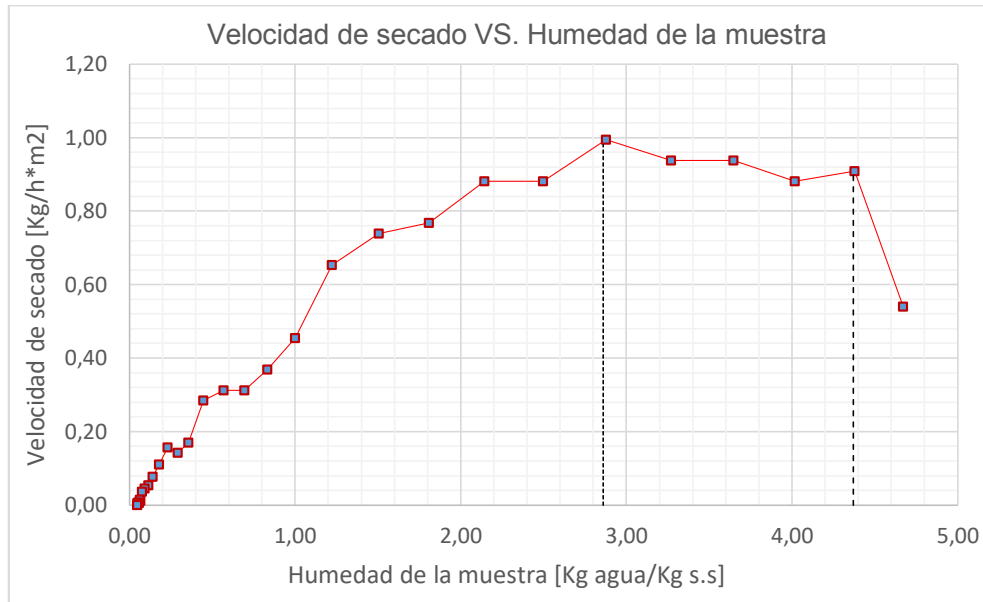


Fuente: Elaboración Propia

En el grafico se observa que la curva de secado a 60°C de una muestra sometida a tratamiento térmico (T=87°C; t=2 minutos), presenta un periodo de calentamiento AB, seguido por un periodo de velocidad constante BC de 1,10 [Kg agua/ h*m²], retirando durante este periodo 2,55 [Kg agua/Kg ss].

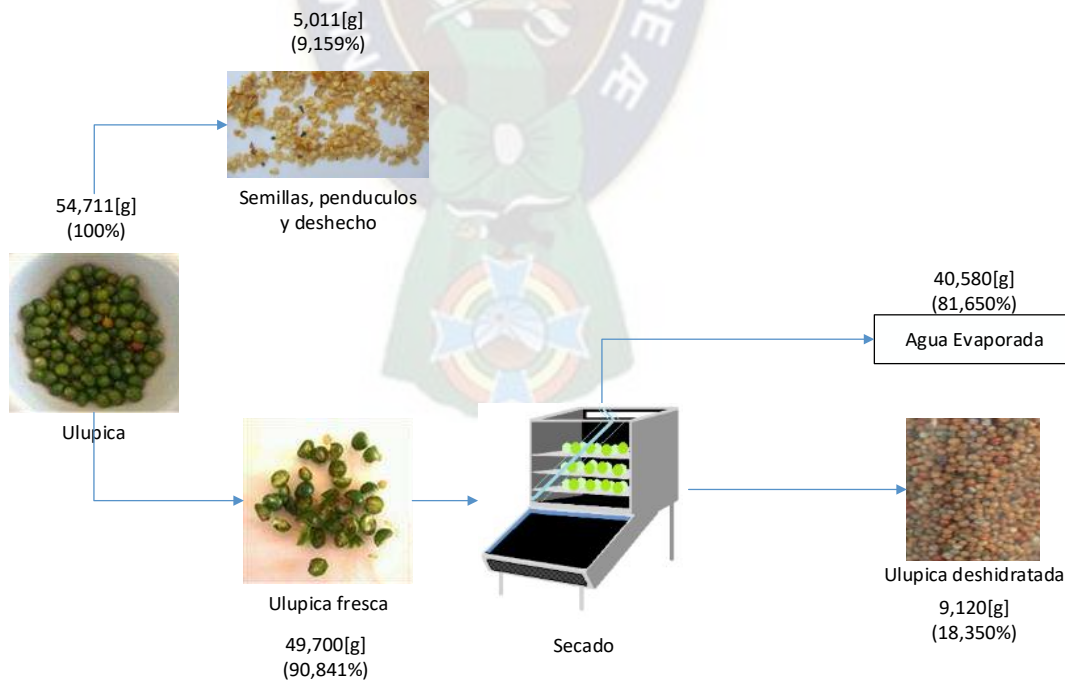
La anterior figura indica, por cada 54,711 gramos de ulupica (100%), se obtiene 49,700 gramos de ulupica (90,841%), esta se obtuvo del seleccionado retirando los pedúnculos, frutos dañados e impurezas, esa cantidad es utilizada para el proceso de deshidratación de donde se obtiene 9,120 gramos (18,350%) de materia deshidratada el restante 40,580 gramos (81,650%) es agua evaporada.

Gráfico 5.14. Velocidad de secado para muestra tratada con salmuera NaCl



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.6. Balance de materia para ulupica deshidratada con tratamiento de escaldado NaCl

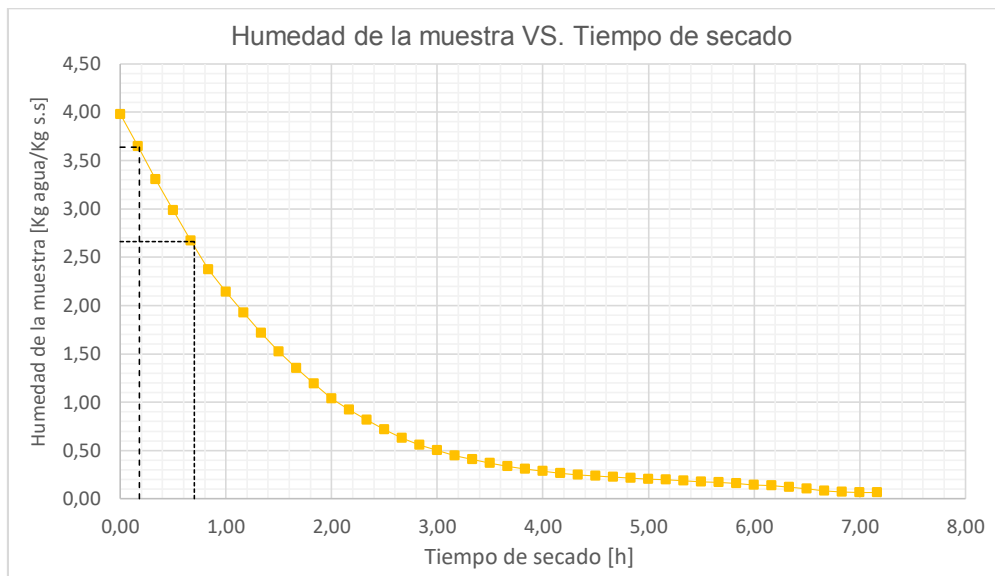


Fuente: Elaboración Propia

5.4.3 Resultado para la muestra tratada con Na_2CO_3 .

En el anterior grafico se observa la curva de secado a 60°C de una muestra sometida a tratamiento térmico con salmuera (Carbonato de sodio; $T=87^\circ\text{C}$; $t=2$ minutos) presenta un periodo de calentamiento de 12 minutos (0,20 horas), la humedad critica toma un valor de 2,67 [Kg agua/Kg ss] y el tiempo critico es de 31,8 minutos (0,53 horas). El proceso de deshidratado tuvo una duración de 430 minutos (7,167 horas) (Ver Anexo 20).

Gráfico 5.15. Curva de secado para muestra tratada con salmuera Na_2CO_3

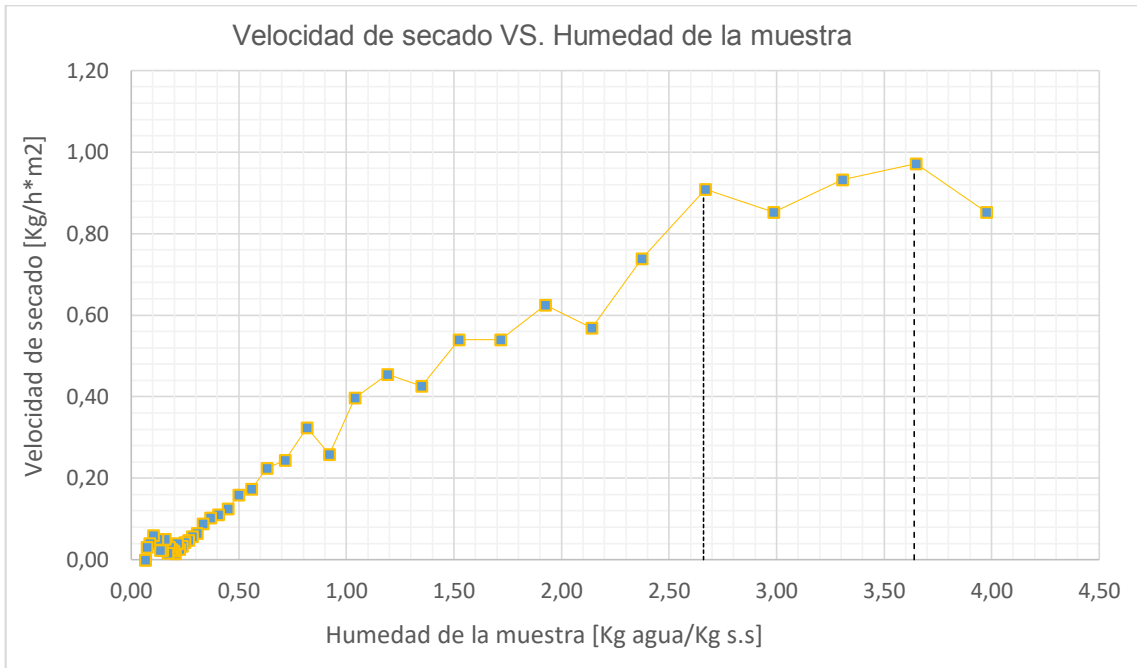


Fuente: Elaboración Propia

En el grafico se observa que la curva de secado a 60°C de una muestra sometida a tratamiento térmico con salmuera (Carbonato de sodio; $T=87^\circ\text{C}$; $t=2$ minutos), presenta un periodo de calentamiento AB, seguido por un periodo de velocidad constante BC de $0,870[\text{Kg agua}/\text{h}\cdot\text{m}^2]$, retirando durante ese periodo $2,670 [\text{Kg agua}/\text{Kg ss}]$.

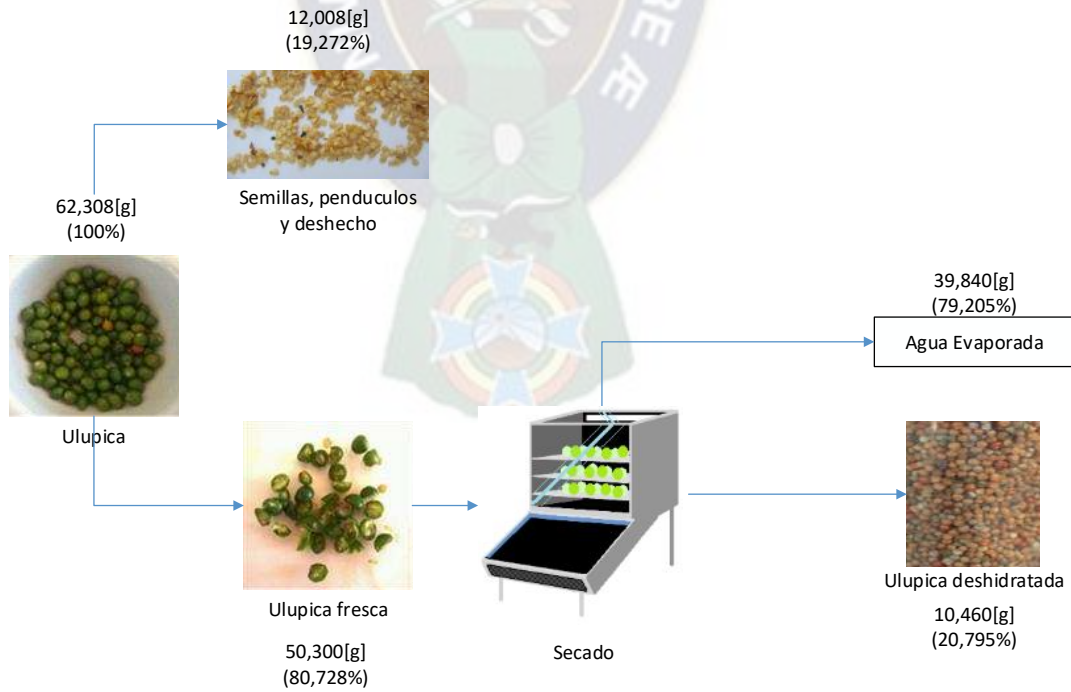
La anterior figura indica, por cada $62,308$ gramos de ulupica (100%), se obtiene $50,300$ gramos de ulupica (80,720%), esta se obtuvo del seleccionado retirando los pedúnculos, frutos dañados e impurezas, esa cantidad es utilizada para el proceso de deshidratación de donde se obtiene $10,460$ gramos (20,795%) de materia deshidratada el restante $39,840$ gramos (79,205%) es agua evaporada.

Gráfico 5.16. Velocidad de secado para muestra tratada con salmuera Na_2CO_3



Fuente: Elaboración Propia

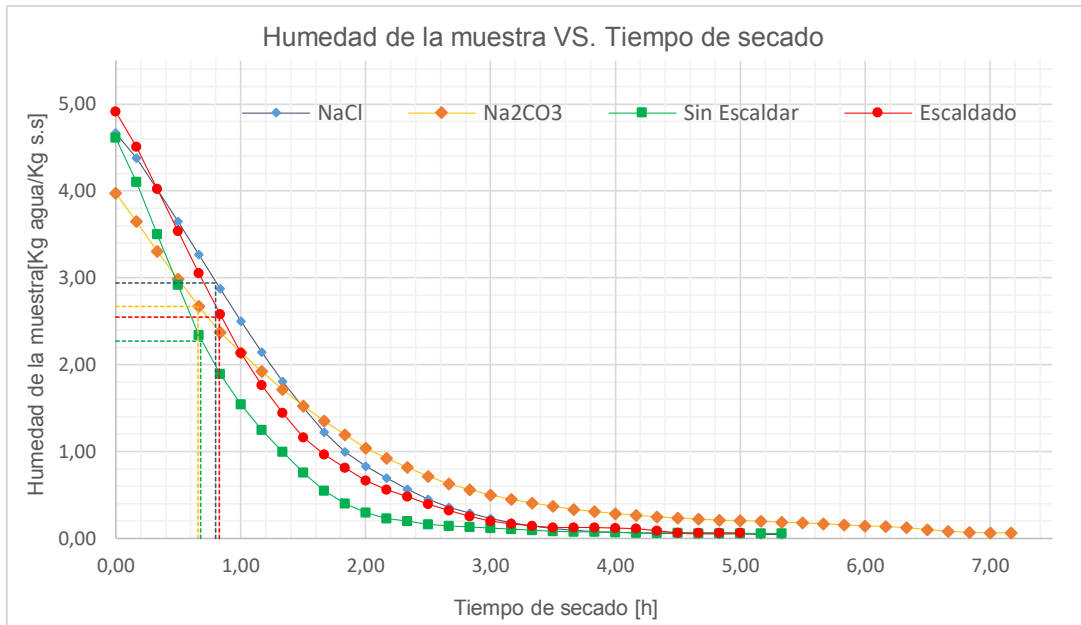
Figura 5.7. Balance de materia para ulupica deshidratada con tratamiento térmico de Na_2CO_3



Fuente: Elaboración Propia

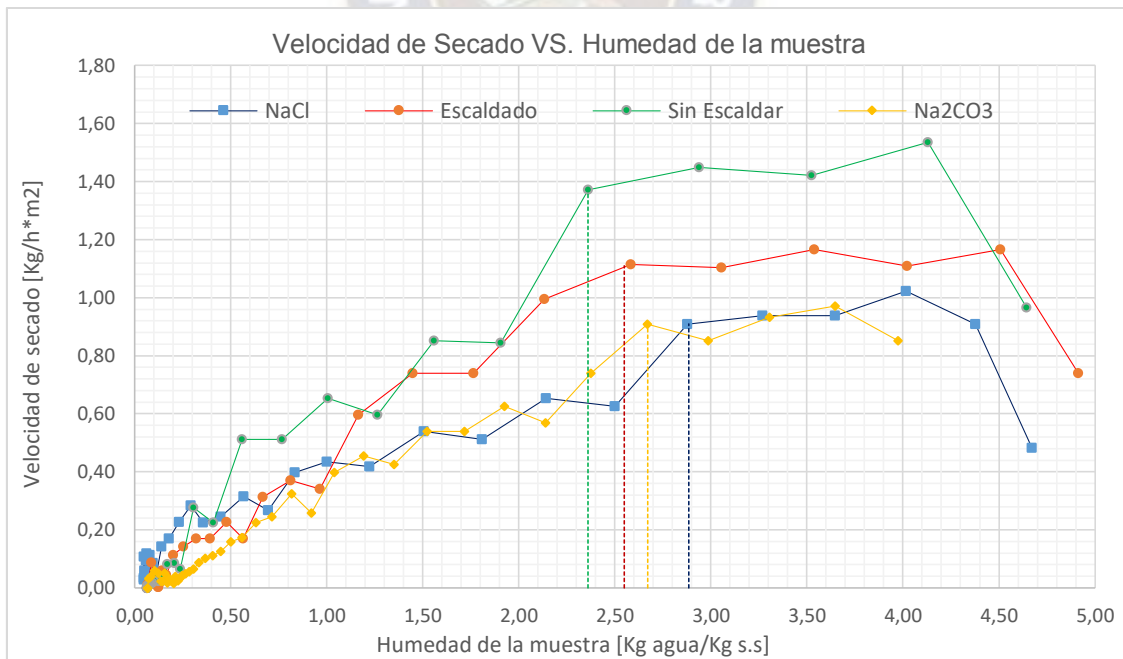
5.4.4 Comparación de los resultados a diferentes tratamientos térmicos. -

Gráfico 5.17. Curvas de secado a diferentes tratamientos térmicos



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 5.18. Curva de velocidad de secado a diferentes tratamientos térmicos



Fuente: Elaboración Propia

Para las temperaturas de 40, 50, 60 y 70 °C, la forma de secado se comportó de manera uniforme, sin embargo, el tiempo de secado se extiende cuando se trabaja a 40°C es así que se descarta esta temperatura de trabajo, ya que la lentitud con la que transcurre el proceso es lenta y genera pérdidas de energía. Cuando se trabaja con temperaturas elevadas de 70°C el proceso toma menos tiempo, pero a estas temperaturas se dan variaciones en el color del producto final, las mismas toman un color oscuro comparadas cuando se trabaja con temperaturas menores a las mencionadas anteriormente, es así que se descartó la temperatura de trabajo de 70°C ya que no favorece al aspecto del producto final.

Dado lo anterior los rangos de temperatura de trabajo en el diseño experimental serán 50 a 60°C. Teóricamente los tiempos de secado disminuyen al aumentar la velocidad de flujo de aire, ya que el aire caliente arrastra mayor cantidad de agua y hace que esta se remueva rápidamente de la muestra. Se trabaja con dos diferentes rangos de flujo de aire 0,59; 1,30 m/s (únicos flujos de aire que varían en el secador).

Las curvas de secado a 60°C con escaldado, sin escaldado y utilizando salmueras se puede ver que al utilizar salmuera de Na₂CO₃ el tiempo de secado se extiende, por otra parte cuando la muestra se escalda el tiempo de secado disminuye en comparación cuando la muestra no se escalda, entonces para el análisis experimental se utilizara muestras tratando con salmuera (NaCl) y con el método de escaldado (87°C por 4 minutos).

5.5 Desarrollo del diseño experimental. -

El desarrollo del diseño experimental, se basa en el anterior punto, con los resultados obtenidos las variables de entrada se reducen a lo expuesto en la Tabla 5.24

Tabla 5.24. Variables de entrada

Variables de Entrada	Unidades
Temperatura	°C
Flujo de Aire	[m/s]
Escaldado	%

Fuente: Elaboración Propia

Con las pruebas exploratorias se obtuvo los valores superior e inferior con los que se trabaja.

Tabla 5.25. Valores de trabajo

	Valor Inferior (-)	Valor Superior (+)
Temperatura [°C] (x_1)	50	60
Flujo de aire [m/s] (x_2)	0,60	1,30
Escaldado (x_3)	0	2

Fuente: Elaboración Propia

La variable respuesta (y) es el % de humedad.

Tabla 5.26. Variables de respuesta

Variabla Respuesta	Unidades
Humedad	%

Fuente: Elaboración Propia

Con lo anterior mencionado se construye la matriz de trabajo y combinación para la deshidratación de la Ulupica (*Capsicum cardenassii*). El diseño experimental planteado es 2³, con dos repeticiones, dos bloques y tres puntos centrales.

Tabla 5.27. Matriz de trabajo Primer bloque

Ord.Est	Ord.Cor	Pto. Ctrl	Bloque	Temp.	Flujo de aire	Esc.	%H
1	1	1	1	50	0,60	0	6,587
2	2	1	1	60	0,60	0	6,261
3	3	1	1	50	1,30	0	6,385
4	4	1	1	60	1,30	0	6,137
5	5	1	1	50	0,60	2	6,445
6	6	1	1	60	0,60	2	6,218
7	7	1	1	50	1,30	2	6,602
8	8	1	1	60	1,30	2	6,431
9	9	0	1	55	0,95	1	6,362
10	10	0	1	55	0,95	1	6,413
11	11	0	1	55	0,95	1	6,387

Fuente: Minitab 17

Tabla 5.28. Matriz de trabajo Segundo bloque

Ord.Est	Ord.Cor	Pto. Ctrl	Bloque	Temp.	Flujo de aire	Esc.	%H
12	12	1	2	50	0,60	0	6,608
13	13	1	2	60	0,60	0	6,316
14	14	1	2	50	1,30	0	6,431
15	15	1	2	60	1,30	0	6,212
16	16	1	2	50	0,60	2	6,473
17	17	1	2	60	0,60	2	6,237
18	18	1	2	50	1,30	2	6,653
19	19	1	2	60	1,30	2	6,441
20	20	0	2	55	0,95	1	6,378
21	21	0	2	55	0,95	1	6,396
22	22	0	2	55	0,95	1	6,357

Fuente: Minitab 17

5.5.1 Análisis de varianza. -

El análisis de varianza se realiza con el programa MINITAB 17, los datos deben ser alimentados como se detalla en la tabla anterior, para que el software respete el orden estándar.

Se realiza una prueba de hipótesis sobre la igualdad de las medidas de la humedad utilizando el modelo lineal.

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \delta + \varepsilon_{ijkl} \quad \text{Ecuación 5.9}$$

Prueba de hipótesis: $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k = \mu$

H_a : Al menos una media es diferente a las demás.

El nivel de confianza que se maneja para la prueba de hipótesis es del 95%.

Tabla 5.29. Diseño factorial completo

Factores:	3	Diseño de la base:	3; 8
Corridas:	22	Réplicas:	2
Bloques:	2	Puntos centrales (total):	6

Fuente: Minitab 17

Tabla 5.30. Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	9	0,382382	0,042487	80,46	0,000
Bloques	1	0,003413	0,003413	6,46	0,026
Lineal	3	0,254209	0,084736	160,47	0,000
Temperatura	1	0,233048	0,233048	441,32	0,000
Flujo de Aire	1	0,001351	0,001351	2,56	0,136
Escaldado	1	0,019811	0,019811	37,52	0,000
Interacciones de 2 términos	3	0,122675	0,040892	77,44	0,000
Temperatura*Flujo de Aire	1	0,003335	0,003335	6,32	0,027
Temperatura*Escaldado	1	0,003570	0,003570	6,76	0,023
Flujo de Aire*Escaldado	1	0,115770	0,115770	219,23	0,000
Interacciones de 3 términos	1	0,000315	0,000315	0,60	0,455
Temperatura*Flujo de Aire*Escaldado	1	0,000315	0,000315	0,60	0,455
Curvatura	1	0,001771	0,001771	3,35	0,092
Error	12	0,006337	0,000528		
Falta de Ajuste	8	0,004274	0,000534	1,04	0,524
Error puro	4	0,002063	0,000516		
Total	21	0,388719			

Fuente: Minitab 17

Se utiliza el valor de **P** obtenido en el análisis de varianza y un $\alpha=0,05$ para concluir si se rechaza o acepta la hipótesis, Si $\alpha>P$ se rechaza la hipótesis nula, es decir, se puede aceptar que existe una diferencia significativa en los tratamientos.

Como se observa en la tabla de resultados (**Tabla 5.30**), el modelo es significativo, el efecto de la interacción simple (Flujo de aire), el efecto de la interacción triple (Temperatura*Flujo de aire*Escaldado), el efecto de la curvatura y la falta de ajuste resulta NO

significativa debido a que el valor de $\alpha < P$, por lo que se acepta un modelo de ajuste lineal del proceso.

Tabla 5.31. Resumen del modelo.

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,0229797	98,37%	97,15%	95,37%

Fuente: Minitab 17

$$\begin{aligned} \%H = & 8,628 - 0,03737 \text{ Temperatura} - 0,810 \text{ Flujo de aire} - 0,492 \text{ Escaldado} \\ & + 0,01079 \text{ Temperatura} * \text{Flujo de aire} + 0,00540 \text{ Temperatura} \\ & * \text{Escaldado} + 0,328 \text{ Flujo de aire} * \text{Escaldado} - 0,00254 \text{ Temperatura} \\ & * \text{Flujo de aire} * \text{Escaldado} - 0,0201 \text{ Pt. Ctral} \end{aligned}$$

Para comprender a fondo cómo se comporta cada variable durante el estudio, y para comprobar los resultados obtenidos en ANOVA, se realiza un análisis gráfico.

5.5.2 Análisis Gráfico.-

El uso de graficas ayuda a visualizar de manera más clara los efectos de cada uno de los factores, así como de las interacciones de cada uno de ellos.

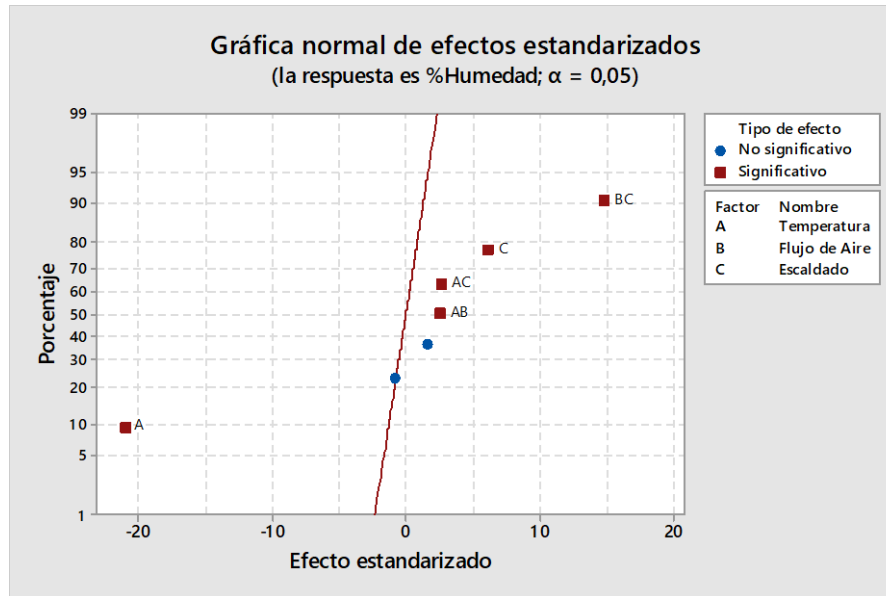
5.5.2.1 Gráfica normal de efectos estandarizados para la humedad. -

Con esta grafica se puede comprobar lo concluido en el análisis de varianza, es decir, se pueden observar las diferencias de medias de los efectos principales y los efectos dobles.

Se observa que los factores principales presentan una diferencia, aunque el factor A, que corresponde a la Temperatura, presenta la mayor de estas, siendo muy significativa la diferencia, seguido del efecto principal C. El factor B no presenta ningún efecto.

En cuanto las interacciones dobles todas las interacciones fueron rechazadas en la prueba de hipótesis, es decir, que estas influyen de alguna manera en la humedad. Sin embargo, la interacción BC (Flujo de aire*Escaldado) es la más significativa seguida de la interacción AC y AB respectivamente. Finalmente, la interacción triple NO tiene ningún efecto.

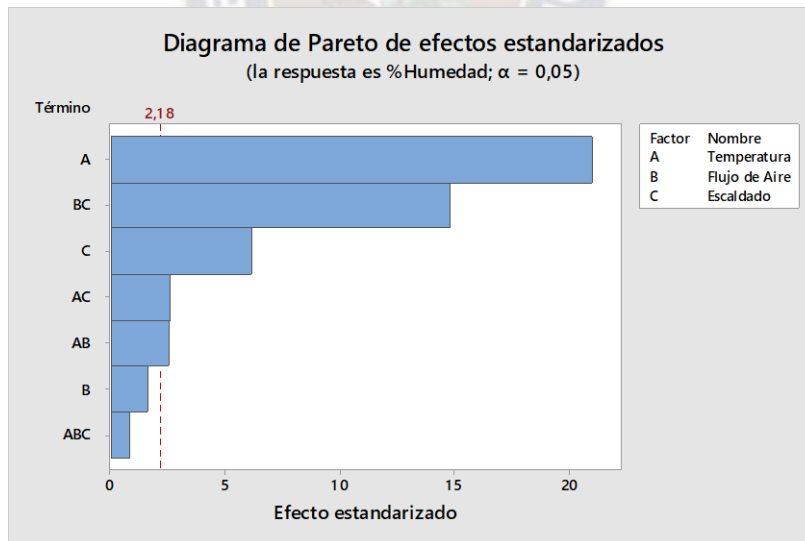
Gráfico 5.19. Gráfico normal de efectos estandarizados.



Fuente: Minitab 17

5.5.2.2 Pareto para la humedad. -

Gráfico 5.20. Diagrama de Pareto.



Fuente: Minitab 17

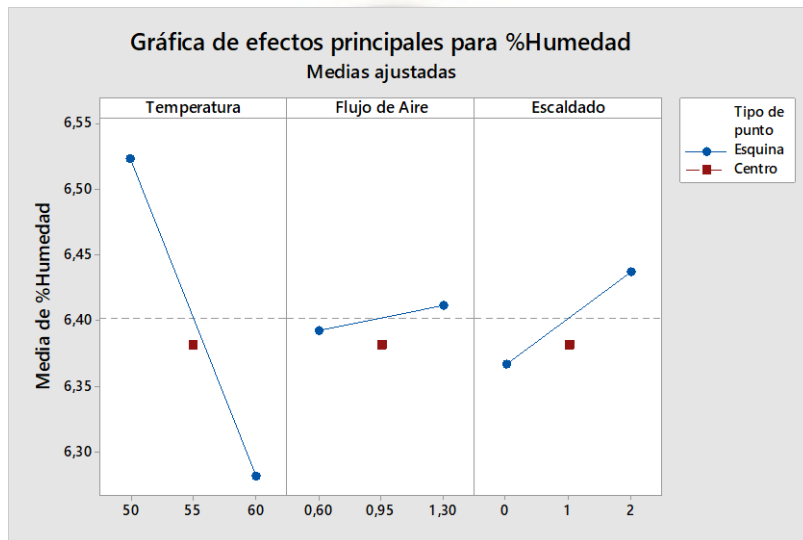
El gráfico de Pareto, es otra forma de interpretar el anterior gráfico. Los efectos principales y las interacciones dobles, que son significativos, son las que están por encima de la línea de referencia (línea color rojo) cuyo valor es de 2,18. En este se observa que el efecto más importante es el efecto principal A, seguido de la interacción doble BC, el efecto principal

C, el efecto doble AC y AB, respectivamente y en ese orden. El efecto simple B y la interacción triple ABC no tienen ningún efecto ya que se encuentra por debajo de la línea de referencia.

5.5.2.3 Gráfica de efectos principales para la humedad. -

Esta grafica nos permite concluir para cada uno de los efectos principales. Nos da una idea del nivel óptimo en el que deben ser utilizados estos, pero no toma en cuenta las interacciones entre ellos.

Gráfico 5.21. Gráfico de efectos principales.



Fuente: Minitab 17

En la gráfica se observa que el punto en color rojo (promedio de las observaciones del punto central) es cercano a los niveles de temperatura, flujo de aire y escaldado, respectivamente, por lo que la curvatura es NO significativa y la variable respuesta (%Humedad) tiene un comportamiento lineal.

Por otra parte, para cada efecto principal (Temperatura, Flujo de Aire y Escaldado) la diferencia entre los resultados es notoriamente significativa.

5.5.2.4 Gráfica de interacción para la humedad. -

Con esta grafica se puede verificar la interacción que tiene cada uno de los factores principales con los demás factores.

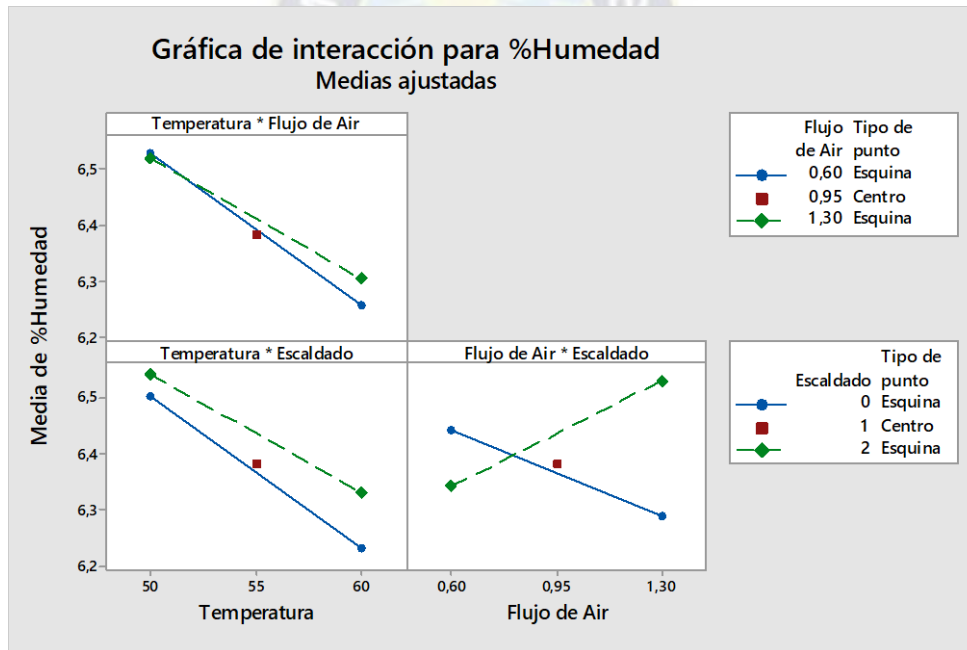
Se observa una interacción antagonista para el efecto doble temperatura-escaldado, es decir que la respuesta mínima de humedad es de 6,23% cuando se trabaja a 60°C y

escaldado sin salmuera. La respuesta de humedad mínima es de 6,33% cuando la temperatura es de 60°C y escaldado con salmuera al 2%.

Se observa una interacción sinérgica para el efecto doble de flujo de aire-escaldado, es decir la respuesta mínima es de 6,3% cuando se trabaja con flujo de aire de 1,30 m/s y se escalda sin salmuera. La respuesta mínima de humedad es de 6,34% cuando se trabaja con 0,60 m/s de flujo de aire y se escalda con salmuera al 2%.

Se observa una interacción antagonista para el efecto doble temperatura flujo de aire, es decir la respuesta mínima de humedad es de 6,22% cuando la temperatura de trabajo es de 60°C y el flujo de aire es de 0,60 m/s. La respuesta mínima de humedad es de 6,30% cuando se trabaja con una temperatura de 60°C y un flujo de aire de 1,30 m/s.

Gráfico 5.22. Gráfico de Interacción de efectos.



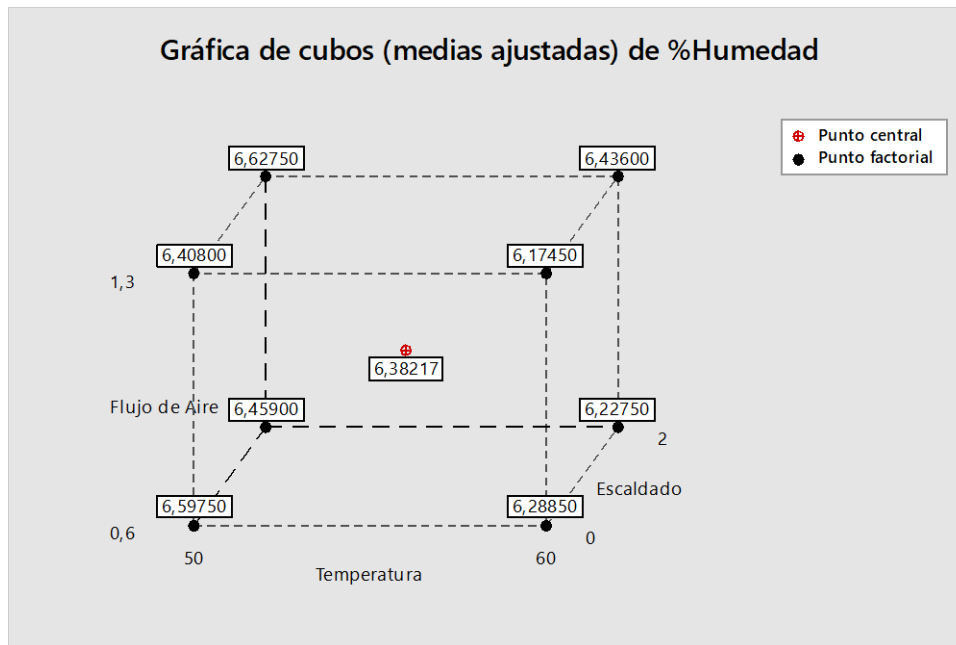
Fuente: Minitab 17

5.5.2.5 Gráfica de cubos (medias ajustadas) para la humedad. -

La grafica de cubo es el que nos permite observar el resultado entre todas las interacciones que están presentes en el experimento.

Como se observa en la figura la humedad mínima que se alcanza es de 6,1745%, que corresponde a la combinación de Temperatura 60[°C], flujo de aire de 1,30[m/s] y escaldado sin salmuera.

Gráfico 5.23. Gráfico de cubos



Fuente: Minitab 17

5.5.2.6 Verificación de supuestos. -

Es necesario verificar ciertos supuestos para tener la seguridad de que los resultados arrojados por el análisis son correctos. Los modelos del supuesto utilizado son:

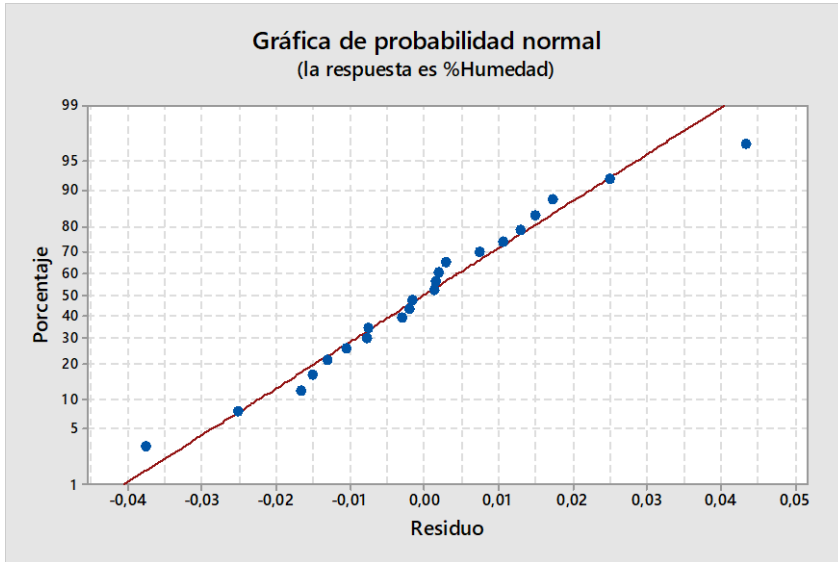
- El error e_{ij} tiene una distribución normal $e_{ij} \sim N(0, \sigma_e^2)$.
- El error e_{ij} es independiente de cualquier otro tipo de error.
- La varianza σ_e^2 es la misma para todos los tratamientos.

5.5.2.7 Gráfica de probabilidad normal. -

Se utilizó la prueba de Anderson-Darling para la verificación de este supuesto. Esta prueba gráfica los residuales arrojados en el análisis y los ajusta en una línea recta. Si los datos se ajustan a la línea recta se puede afirmar que el error es normal.

De acuerdo a la gráfica, se observa que los datos se distribuyen a través de la línea recta, por lo que podemos decir que se sigue una distribución normal. También se puede afirmar la normalidad debido a que $p\text{-value} > \alpha$.

Gráfico 5.24. Probabilidad normal

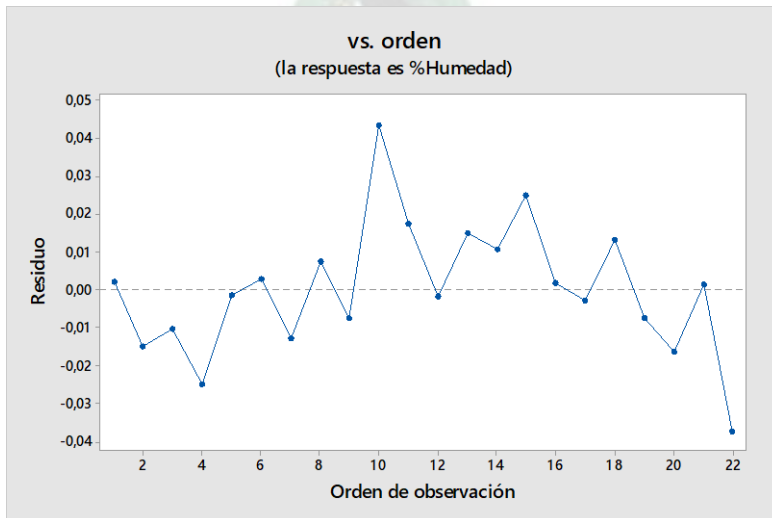


Fuente: Minitab 17

5.5.2.8 Gráfica de residuos versus orden para la humedad. -

La independencia de los errores se muestra gráficamente mediante una gráfica que compara los residuales con respecto al tiempo. Es importante que los datos se alimenten en el orden en que fueron tomados. Este diagrama se revisa que no se presente ningún patrón en la distribución de los datos, de lo contrario se concluiría que existen errores sistemáticos que se deben eliminar para realizar el análisis.

Gráfico 5.25. Residuos VS. Orden.



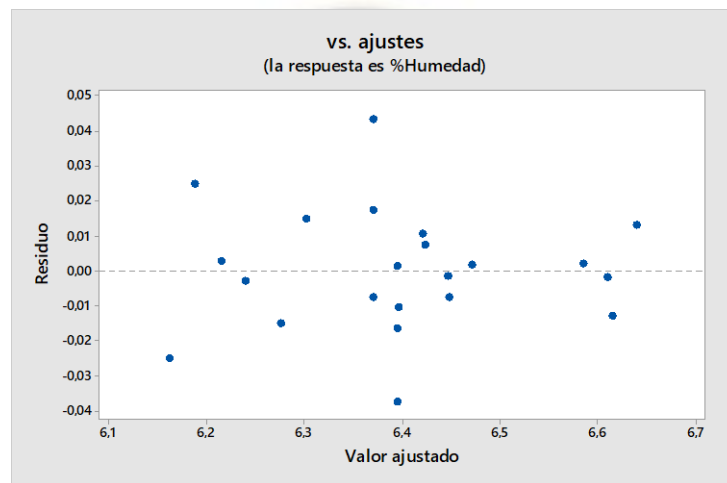
Fuente: Minitab 17

Se observa que los datos se encuentran distribuidos aleatoriamente y que no siguen ningún patrón definido, por lo que se afirma que los errores son independientes entre sí.

5.5.2.9 Gráfica de residuos versus ajustes para la humedad. -

Al igual que la gráfica anterior, esta es una prueba de igualdad de varianzas donde se trata de comprobar que no existe un patrón en los valores predichos como humedad, los puntos deben estar dispersos alrededor del cero en los residuales.

Gráfico 5.26. Residuos VS. Ajustes.



Fuente: Minitab 17

De acuerdo a esta gráfica, se observa que no existe un patrón definido en los puntos y se encuentran distribuidos alrededor del cero, por lo que se puede concluir que las varianzas son iguales para todos los tratamientos.

5.5.2.10 Optimización de la respuesta. -

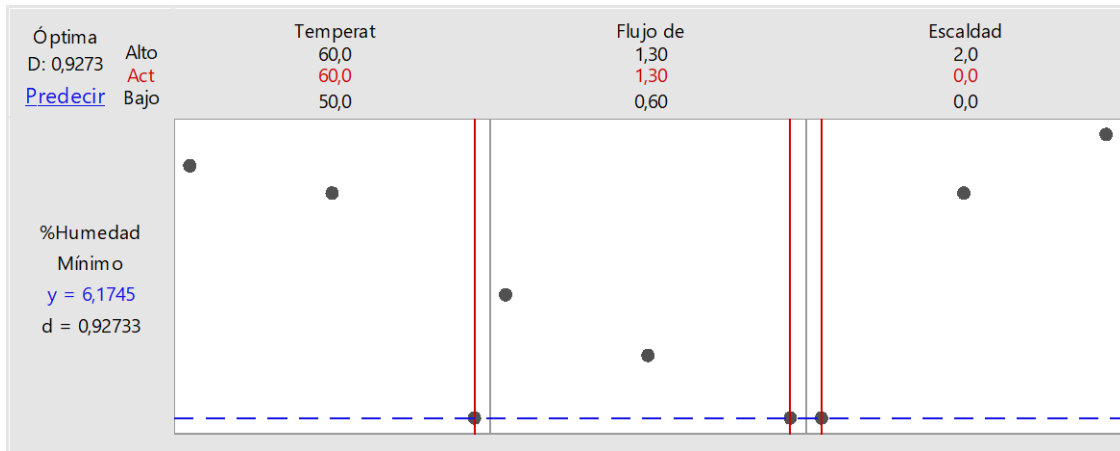
Realizando los cálculos con el programa MINITAB 17 se calcula el objetivo meta para obtener los parámetros en los cuales el secado se considera ideal.

Tabla 5.32. Optimización de la respuesta HUMEDAD

Variable	Valor de Configuración
Temperatura	60
Flujo de Aire	1,30
Escaldado	0
Humedad	Resp: 6,1745

Fuente: Minitab 17

Gráfico 5.27. Optimización de respuesta.



Fuente: Minitab 17

5.6 Obtención de las curvas óptimas del proceso de secado.-

Con los resultados anteriores se obtiene la curva de secado y la curva de velocidad de secado en condiciones óptimas. Temperatura de 60°C; Flujo de aire 1,30 m/s y escaldado (87°C por 2 minutos).

Tabla 5.33. Resultados para obtener curvas de secado – Primera hora

Tiempo	Tiempo	m	m	x	x libre	x promedio	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/h*m2]
0	0,000	50,600	0,051	4,848	4,787	4,602	1,819
5	0,083	47,400	0,047	4,478	4,417	4,296	1,194
10	0,167	45,300	0,045	4,235	4,174	4,002	0,850
20	0,333	42,310	0,042	3,890	3,829	3,647	0,892
30	0,500	39,170	0,039	3,527	3,466	3,301	0,810
40	0,667	36,320	0,036	3,198	3,137	2,969	0,824
50	0,833	33,420	0,033	2,862	2,801	2,619	0,895
60	1,000	30,270	0,030	2,498	2,437	2,266	0,841

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.34. Resultados para obtener curvas de secado – Segunda, tercera y cuarta hora

Tiempo	Tiempo	m	m	x	x libre	x promedio	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/h*m2]
70	1,167	27,310	0,027	2,156	2,095	1,962	0,656
80	1,333	25,000	0,025	1,889	1,828	1,695	0,654
90	1,500	22,700	0,023	1,623	1,562	1,457	0,520
100	1,667	20,870	0,021	1,412	1,351	1,254	0,475
110	1,833	19,200	0,019	1,219	1,158	1,065	0,455
120	2,000	17,600	0,018	1,034	0,973	0,892	0,398
130	2,167	16,200	0,016	0,872	0,811	0,742	0,341
140	2,333	15,000	0,015	0,734	0,673	0,609	0,313
150	2,500	13,900	0,014	0,606	0,545	0,482	0,313
160	2,667	12,800	0,013	0,479	0,418	0,372	0,227
170	2,833	12,000	0,012	0,387	0,326	0,274	0,256
180	3,000	11,100	0,011	0,283	0,222	0,187	0,171
190	3,167	10,500	0,011	0,214	0,152	0,124	0,142
200	3,333	10,000	0,010	0,156	0,095	0,077	0,085
210	3,500	9,700	0,010	0,121	0,060	0,058	0,009
220	3,667	9,670	0,010	0,118	0,057	0,052	0,020
230	3,833	9,600	0,010	0,109	0,048	0,047	0,009
240	4,000	9,570	0,010	0,106	0,045	0,043	0,011

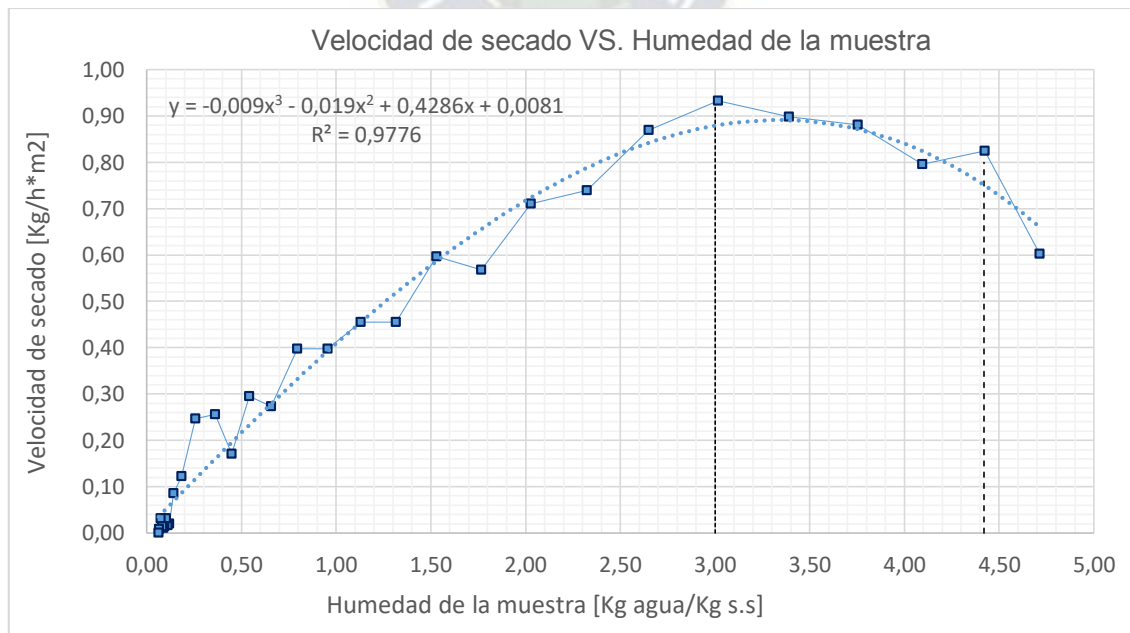
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.35. Resultados para obtener curvas de secado –quinta hora y media

Tiempo	Tiempo	m	m	x	x libre	x promedio	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/h*m2]
250	4,167	9,530	0,010	0,101	0,040	0,036	0,020
260	4,333	9,460	0,009	0,093	0,032	0,029	0,014
270	4,500	9,410	0,009	0,088	0,026	0,024	0,011
280	4,667	9,370	0,009	0,083	0,022	0,021	0,006
290	4,833	9,350	0,009	0,081	0,020	0,012	0,037
300	5,000	9,220	0,009	0,066	0,005	0,003	0,009
310	5,167	9,190	0,009	0,062	0,001	0,000	0,003
320	5,333	9,180	0,009	0,061	0,000	0,000	0,000
330	5,500	9,180	0,009	0,061	0,000	-----	-----

Fuente: Elaboración Propia

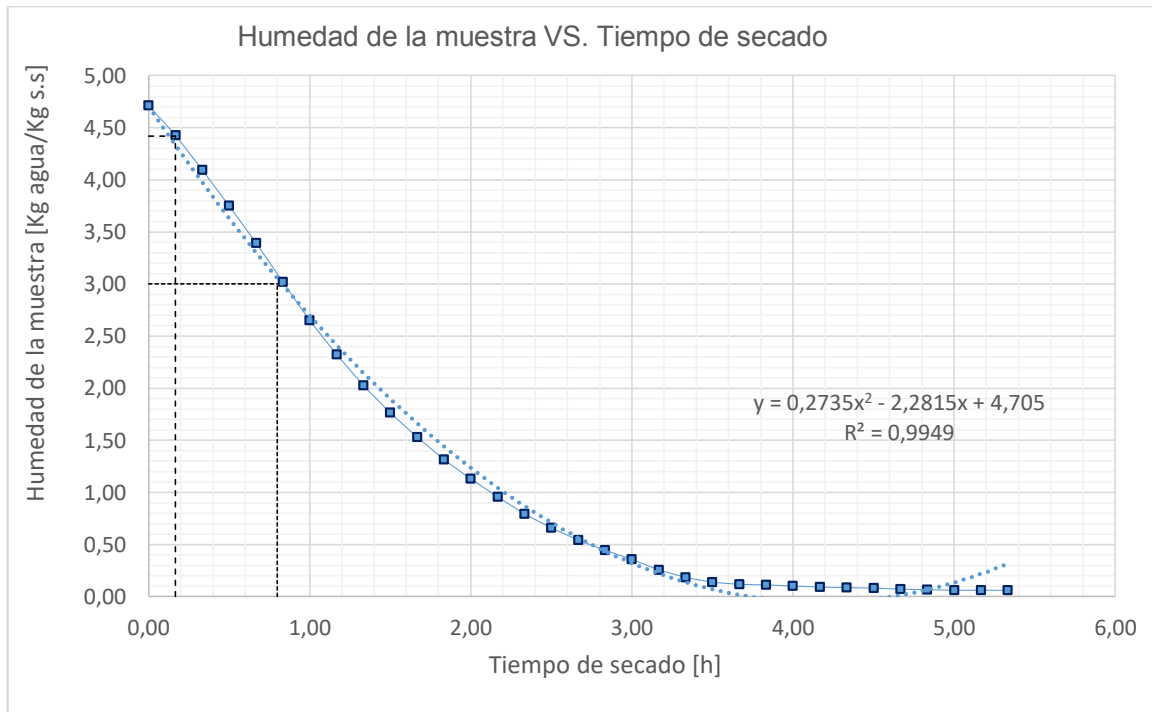
Gráfico 5.28. Velocidad de secado VS. Humedad de la muestra.



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico se observa que la curva de velocidad de secado a 60°C, presenta un periodo de calentamiento AB, seguido por un periodo de velocidad constante BC de 0,880 [kg agua/h*m²], retirado durante ese periodo 2,670 [Kg agua/Kg s.s].

Gráfico 5.29. Humedad de la muestra VS. Tiempo de secado.



Fuente: Elaboración Propia

En el anterior gráfico se observa la curva de secado a 60°C presenta un periodo de calentamiento de 10,8 minutos (0,18 horas), la humedad crítica toma un valor de 2,67 [Kg agua/Kg s.s] y el tiempo crítico de 48 minutos (0,80 horas). El proceso de deshidratación tuvo una duración de 330 minutos (5,50 horas), con una humedad de equilibrio de 0,063 [Kg agua/Kg s.s].

5.7 Molienda y Tamizado. -

Los trozos secos de Ulupica (*Capsicum cardenassii*), se reducen de tamaño aplicando fuerzas mecánicas, con un molino manual, para obtener una partícula fina.

Seguidamente, el polvo de Ulupica (*Capsicum cardenassii*), se clasifica por tamaño de la partícula, para lo cual se utiliza un juego de tamices 12, 16, 20, 30, 40, 70, 100 y fondo de la serie de A.S.T.M.

Tabla 5.36. Análisis granulométrico por tamizado de polvo de Ulupica.

Muestra	Tamiz	Polvo de Ulupica (g)
Polvo de Ulupica (Capsicum cardenassii)	12	0,2
	16	0,8
	20	5,1
	30	12
	40	22,3
	70	58,2
	100	15,6
	FONDO	5,8
Parámetros		
Tamaño de la muestra		120
Tamices		12,16,20,30,40,70,100

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.37. Porcentaje masa de polvo de Ulupica que pasa por el tamiz respectivo.

Tamiz (a)	Apertura del tamiz (mm)	masa retenida por el tamiz	% de masa retenida por el tamiz	% que pasa
12	1,68	0,2	0,251	99,749
16	1,19	0,6	0,754	98,995
20	0,84	4,3	5,402	93,593
30	0,59	6,9	8,668	84,925
40	0,42	10,3	12,940	71,985
70	0,21	35,9	45,101	26,884
100	0,149	15,6	19,598	7,286
FONDO		5,8	7,286	
Suma		79,6	100	
Parámetros				
a	Tamaño de tamiz de la serie ASTM			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.38. Análisis Granulométrico

Muestra	Tamiz	%retenido en cada tamiz	Factor de ponderación	Producto	Suma del % en cada tamiz	Número entero más cercano
Polvo de ulupica (<i>Capsicum cardenassii</i>)	12	0,2513	7	1,7588	0,2513/10	0
	16	0,7538	6	4,5226		
	20	5,4020	5	27,0101	14,8241/10	2
	30	8,6683	4	34,6734		
	40	12,9397	3	38,8191		
	70	45,1005	2	90,2010	84,9246/10	8
	100	19,5980	1	19,5980		
	FONDO	7,2864	0	0,0000		
Total		100,0000	Total	216,5829		

Fuente: Elaboración Propia

Se observa un módulo de fineza de 2,1658. El índice de uniformidad indica la cantidad relativa de partículas gruesa, medias y finas, en nuestra muestra la relaciones de 0:2:8 la cual indica que en cada diez (10) partes de polvo de Ulupica (*Capsicum cardenassii*) no hay partes gruesas (0), dos (2) partes son partículas de tamaño medio y ocho (8) partes son partículas finas, este aspecto concuerda con el módulo de fineza y con el diámetro promedio de 0,4694 milímetros. Clasificando al producto como un material fino.

5.8 Caracterización del producto final.-

5.8.1 Grados Brix del producto final

Tabla 5.39. Determinación de grados brix de la muestra final.

Nº	^a Brix
1	27,300
2	27,100
3	27,300
Promedio	27,233
Desviación Estándar	0,115
Error	0,287

Fuente: Elaboración Propia

5.8.2 Acidez del producto final

Tabla 5.40. Determinación de acidez titulable de la muestra final.

Nº	V(NaOH) [mL]	%Ac. Cítrico
1	10,700	6,848
2	10,800	6,912
3	10,700	6,848
Promedio		6,869
Varianza		0,001
Desviación Estándar		0,037
Error		0,092

Fuente: Elaboración Propia

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = 4.303$$

$$\% \text{ Acido Cítrico} = (6,869 \pm 0,092)\%$$

5.8.3 Humedad del producto final. -

Para realizar un análisis fisicoquímico del producto final se realiza bajo los mismos procedimientos iniciales.

Tabla 5.41. Determinación de humedad del producto final

Nº	T°C	mc[g]	mo[g]	mfc[g]	mf[g]	%H
1	130	20,696	4,102	24,535	3,839	6,412
2	130	15,110	4,028	18,873	3,763	6,579
3	130	20,730	4,102	24,564	3,834	6,533
Promedio					6,508	
Varianza					0,007	
Desviación Estándar					0,087	
Error					0,215	

Fuente: Elaboración Propia

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = 4.303$$

$$\% \bar{H} = (6,408 \pm 0,215) \%$$

5.8.4 Cenizas Totales del producto final

Tabla 5.42. Determinación de cenizas del producto final

Nº	m[g]	m1[g]	m2[g]	%C
1	21,138	26,104	21,390	5,075
2	20,781	25,880	21,046	5,187
3	21,748	25,709	21,949	5,062
Promedio				5,108
Varianza				0,005
Desviación Estándar				0,069
Error				0,171

Fuente: Elaboración Propia

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = 4.303$$

$$\% \bar{C} = (5,108 \pm 0,171)\%$$

5.8.5 Materia grasa del producto final

Tabla 5.43. Determinación de materia grasa del producto final

Nº	m[g]	m1[g]	m2[g]	%MG
1	2,144	121,313	121,287	1,203
2	2,188	120,676	120,649	1,252
3	2,140	121,584	121,560	1,126
Promedio				1,194
Varianza				0,004
Desviación Estándar				0,064
Error				0,158

Fuente: Elaboración Propia

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = 4.303$$

$$\% \overline{MG} = (0,484 \pm 0,007)\%$$

5.8.6 Proteínas del Producto Final

Tabla 5.44. Determinación de nitrógeno del producto final.

Nº	m[g]	V[mL]	[N]	%N
1	1,188	14,400	0,100	1,700
2	1,187	14,300	0,100	1,690
3	1,185	14,100	0,100	1,669

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.45. Determinación de proteínas del producto final.

Nº	m[g]	%N	f	%P
1	1,188	1,700	6,250	10,624
2	1,187	1,690	6,250	10,561
3	1,185	1,669	6,250	10,431
Promedio			10,539	
Varianza			0,010	
Desviación Estándar			0,098	
Error			0,244	

Fuente: Elaboración Propia

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = 4.303 \quad \% \bar{P} = (3,058 \pm 0,102)\%$$

5.8.7 Fibra cruda del producto final

Tabla 5.46. Determinación de fibra cruda del producto final

Nº	m[g]	m1[g]	m2[g]	%F
1	2,105	43,034	42,888	6,965
2	2,126	43,451	43,303	6,970
3	2,106	43,252	43,104	7,051
Promedio			6,995	
Varianza			0,002	
Desviación Estándar			0,048	
Error			0,119	

Fuente: Elaboración Propia

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = 4.303 \quad \% \bar{FC} = (6,995 \pm 0,119)\%$$

5.8.8 Hidratos de carbono del producto final.-

$$\%HC = 100 - (\%H + \%C + \%MG + \%P)$$

$$\%HC = (100 \pm E) - (\%H \pm E_H) - (\%C \pm E_C) - (\%MG \pm E_{MG}) - (\%P \pm E_P)$$

$$\%HC = (100 \pm 0) - (6,508 \pm 0,215) - (5,108 \pm 0,171) - (1,194 \pm 0,158) - (10,539 \pm 0,244)$$

$$\%HC = (100 - 6,508 - 5,108 - 1,194 - 10,539) \pm (0 + 0,215 + 0,171 + 0,158 + 0,244)$$

$$\%HC = (76,651 \pm 0,788)\%$$

5.8.9 Valor Energético del producto final.-

$$\%Calorias = (\%Materia\ Grasa * 9) + (\%Proteinas * 4) + (\%Carbohidratos * 4) \quad \text{Ecuación 5.10}$$

$$\%Calorias = 9 * (\%M \pm E_{MG}) + 4 * (\%P \pm E_P) + 4 * (\%hC \pm E_{HC})$$

$$\%Calorias = 9 * (1,194 \pm 0,158) + 4 * (10,539 \pm 0,244) + 4 * (76,651 \pm 0,788)$$

$$\%Calorias = (359,506 \pm 1,190)Kcal$$

Tabla 5.47. Composición fisicoquímica del producto final

Parámetro	Valor
Humedad	$H = (6,508 \pm 0,215)\%$
Cenizas	$C = (5,108 \pm 0,171)\%$
Fibra Cruda	$FC = (6,995 \pm 0,119)\%$
Materia Grasa	$MG = (1,194 \pm 0,158)\%$
Proteínas	$P = (10,539 \pm 0,244)\%$
Carbohidratos	$HC = (76,651 \pm 0,788)\%$
Acidez Titulable	$Ac. Citrico = (6,869 \pm 0,092)\%$
°Brix	$°Brix = (27,233 \pm 0,287)$
Valor Energético	$Cal = (359,506 \pm 1,190) Kcal$

Fuente: Elaboración Propia

En la **Tabla 5.47** se observa que el producto deshidratado presenta baja humedad ($H < 10\%$); lo que le confiere estabilidad, bajo las condiciones adecuadas de conservación, no obstante, para minimizar que este absorbiera humedad ambiental, se envaso inmediatamente luego del

proceso de enfriado, por otra parte, debido a la baja humedad que presenta el producto deshidratado, aumenta el contenido de nutrientes por concentración de materia seca.

El contenido de proteína es significativo, pese a la degradación originada por el escaldado y deshidratado. En cuanto al contenido de materia grasa este presentó un valor mínimo, debido a que el fruto *Capsicum* es pobre en este componente.

5.9 Envasado y Almacenamiento.-

Los envases son bolsas de polipropileno de alta y baja densidad que son cerrados con ayuda de una selladora eléctrica, con lo cual el producto queda aislado del medio ambiente, asegurando su conservación durante el tiempo. La muestra se almacena durante 60 días a temperatura ambiente en un lugar oscuro, el objetivo es aislarlo de la luz, para evitar reacciones que deterioren el color del producto obtenido.

Al finalizar los sesenta días. Se observa que el empaque de polietileno de baja densidad muestra diferencias significativas comparadas con el empaque de polietileno de alta densidad, ya el empaque LDPE no brinda la acción protectora además de permitir la penetración del oxígeno y humedad ambiental que provoca cambios en el color del producto final, las alteraciones se pueden evidenciar con el aumento de humedad y acidez.

Tabla 5.48. Análisis Físicoquímico

Parámetro	%Humedad		Acidez		
	Tiempo	Inicio (Día 0)	Final (Día 60)	Inicio (Día 0)	Final (Día 60)
LDPE		6,508	6,510	6,869	6,869
HDPE		6,508	6,512	6,869	6,871

Fuente: Elaboración Propia

5.10 Análisis del producto final.-

5.10.1 Evaluación Sensorial.-

La evaluación sensorial, se basa según satisfacción del cliente planteada en el Sistema de gestión de calidad (ISO 9001:2015); para lo cual se desarrolla un formulario de reconocimiento de olores, sensibilidad visual. (Ver Anexo 22 y 23).

Tabla 5.49. Análisis sensorial del producto final

Parámetro sensorial	Observación
Color	Característico (Verde-amarillento no intenso)
Olor	Característico (pungente)
Apariencia	Polvo fino
Origen	Municipio de Sapahaqui

Fuente: Elaboración Propia

5.10.2 Análisis Microbiológico. -

El análisis microbiológico se basa en los métodos descritos en las normas NB 32003 para el recuento total de bacterias aerobios mesófilos y NB 32006 para el recuento de mohos y levaduras. (Ver Anexo 5).

Tabla 5.50. Análisis microbiológico para especias y condimentos.

Parámetro	Mínimo	Máximo
Aerobios Mesófilos	$1 \cdot 10^6$ UFC/g	$1 \cdot 10^7$ UFC/g
Mohos	$1 \cdot 10^4$ UFC/g	$1 \cdot 10^5$ UFC/g
Levaduras	*****	*****

Fuente: Reglamento Sanitario de alimentos Chile/14

Tabla 5.51. Análisis microbiológico.

Parámetro	Valor
Aerobios Mesófilos	$2,3 \cdot 10^6$ UFC/g
Mohos	$4,5 \cdot 10^4$ UFC/g
Levaduras*	$< 1,0 \cdot 10^1$ UFC/g

*La expresión $< 1,0 \cdot 10^1$ UFC/g significa que no existe desarrollo de colonias de acuerdo a la sensibilidad de la técnica utilizada

Fuente: INLASA

6 Conclusiones

Mediante el presente proyecto; se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Realizando un diagnóstico actual de la producción y comercialización de ulupica se evidencia que existe una serie de problemas, lo cual no permite el desarrollo del cultivo en el país. A nivel de producción se tiene la ausencia de buenas prácticas agrícolas de cultivo lo cual genera grandes pérdidas ocasionando bajos rendimientos. A nivel de comercialización, es un producto inestable ya que son pocos los agricultores que cosechan ulupica, mismos que cuentan con pequeños cultivos.
- Para disminuir el problema de desabastecimiento, se ve la necesidad de generar estrategias a mediano y largo plazo con el apoyo que impulsen a la investigación, asistencia técnica, talleres/capacitación a los productores para mejorar desde hasta la cosecha para brindar productos de calidad al mercado, generando integridad y beneficio a los directos participantes.
- Se realizó la caracterización fisicoquímica por triplicado para tener un promedio de cada factor, mismas que se compararon con resultados del laboratorio INLASA, obteniéndose parámetros que se encuentran en los límites establecidos:

Tabla 6.1. Composición fisicoquímica de ulupica fresca

Análisis	Resultados Experimentales	Resultados INLASA
Humedad^(a)	% $\bar{H} = (79,807 \pm 0,635) \%$	%H = 80,99 %
Cenizas Totales	% $\bar{C} = (1,401 \pm 0,009)\%$	%C = 1,45 %
Grasas	% $\overline{MG} = (0,484 \pm 0,007)\%$	%MG = 0,58 %
Fibra cruda	% $\overline{FC} = (5,855 \pm 0,067)\%$	%FC = 6,44 %
Proteínas	% $\bar{P} = (3,058 \pm 0,102)\%$	%P = 3,52 %
Carbohidratos	%HC = $(15,851 \pm 0,169)\%$	%HC = 13,46 %
Acidez	% $\overline{\text{Ac. Cítrico}} = (2,389 \pm 0,092) \%$	----
°Brix	°Brix = $(10,180 \pm 0,314)^\circ\text{Brix}$	----
Valor Energético	Cal = $(79,992 \pm 1,147) \text{ Kcal}$	74 Kcal

- Para el deshidratado de ulupica se utilizó un secador prototipo, el cual se acondiciono realizando pruebas preliminares a diferentes temperaturas, flujo de aire y método de

escaldado, obteniéndose las variables con las que se trabajara para el diseño experimental: Temperatura 50 – 60°C; Flujo de aire 0,60 – 1,30 m/s; escaldado (87°C; 2 minutos; 0% salmuera NaCl; 87°C; 2 minutos; 2% salmuera NaCl).

- A través de la aplicación de un diseño experimental 2^k , con replica, dos bloques, con adición de tres puntos centrales se llegó a un comportamiento lineal.
- Se obtuvo la curva de secado y las condiciones adecuadas para el proceso: temperatura (60°C), flujo de aire (1,30 m/s) y método de escaldado (temperatura de ebullición por dos minutos), con una humedad de equilibrio de 0,061 [Kg agua/Kg s.s], un tiempo crítico de 0,80 [h], con una humedad crítica de 2,67[Kg agua/Kg s.s], el tiempo total para este proceso es 5,5 [h].
- Se realizó la caracterización fisicoquímica por triplicado para tener un promedio de cada factor, estos se compararon con lo establecido en el CODEX alimentario, obteniéndose valores que se encuentran en los límites establecidos:

Tabla 6.2. Composición fisicoquímica de ulupica deshidratada

Parámetro	Resultados Experimentales	Valor comparativo
Humedad	$H = (6,508 \pm 0,215)\%$	$H = 9,68\%$
Cenizas	$C = (5,108 \pm 0,171)\%$	$C = 5,15\%$
Fibra Cruda	$FC = (6.995 \pm 0.119)\%$	$FC = 7,06\%$
Materia Grasa	$MG = (1,194 \pm 0,158)\%$	$MG = 1,20\%$
Proteínas	$P = (10,539 \pm 0,244)\%$	$P = 10,96\%$
Carbohidratos	$HC = (76,651 \pm 0,788)\%$	$HC = 78,93\%$
Acidez Titulable	$Ac. Citrico = (6,869 \pm 0,092)\%$	----
°Brix	$°Brix = (27,233 \pm 0,287)$	----
Valor Energético	$Cal = (359,506 \pm 1,190) Kcal$	----

Además de realizarse un análisis microbiológico del producto final, obteniéndose resultados que se encuentran en los límites establecidos por el reglamento sanitario de alimentos en los que se basa INLASA para las pruebas respectivas.

- Aerobios Mesofilos: $2,3 \cdot 10^6$ UFC/g
- Mohos: $4,5 \cdot 10^4$ UFC/g
- Levaduras: $<1,0 \cdot 10^1$ UFC/g

7 Recomendaciones

- Primeramente, se recomienda fomentar y facilitar el cultivo de este producto y sus derivados para la mejor distribución y comercialización del mismo.
- Realizar un estudio integral de la Ulupica deshidratada (*Capsicum cardenasii*), mediante la extracción de compuestos bioactivos, que son consideradas de gran valor en la industria alimentaria y farmacéutica.
- Realizar un estudio para determinar los isoterma de adsorción y desorción de la Ulupica (*Capsicum cardenasii*) a diferentes temperaturas, con la finalidad de complementar el presente trabajo investigación.
- Se recomienda realizar un diseño y construcción de un deshidratador tipo bandeja, para Ulupica (*Capsicum cardenasii*).
- Se recomienda realizar la cuantificación de capsaicina por diferentes métodos cromatograficos.
- Se recomienda el estudio de la deshidratación de otras especies *Capsicum*.
- Se recomienda realizar estudios sobre la extracción del pigmento de Ulupica y su cuantificación.
- Se recomienda realizar un estudio sobre la encapsulación de polvo de Ulupica (*Capsicum cardenasii*) para uso farmacéutico.

8 Bibliografía

- Brennan, J., Butters, J., Cowell, N. D., & Lilley, A. (1998). *LAS OPERACIONES DE LA INGENIERIA DE LOS ALIMENTOS*. Zaragoza - España: Acribia S.A.
- Carmona, Iris. (Junio de 2013). *Situación global de especias y condimentos: Una oportunidad para el aji procesado picante*. Obtenido de <https://www.google.com/search?q=Situaci%C3%B3n+global+de+especias+y+condim+entos%3Auna+oportunidad+para+el+aj%C3%AD+procesado+picante&ie=utf-8&oe=utf-8>
- Casp, A., & Abril, J. (2003). *Procesos de conservación de alimentos*. Madrid - España: AMV.
- Colina, M. (2010). *Deshidratación de alimentos*. Mexico: Trillas.
- Cortez Torrez, J. A. (1 de Junio de 2010). Micro, Pequeña y Medianas empresas. *La Razon*, págs. <http://eco-agri-mipimes.blogspot.com/2010/06/picante-negocio-nace-con-ulupicas.html>.
- Del Solar, R., & Andrade, L. (2010). *¡AJÍ! REGALO DE BOLIVIA AL MUNDO*. La Paz - Bolivia: Fundación SOL y DES.
- Desrosier, N. W. (1964). *CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS*. México: Continental S. A. .
- EL UNIVERSAL. (10 de Enero de 2007). *EL CHILE PODRÍA PREVENIR EL CÁNCER*. Obtenido de <http://archivo.eluniversal.com.mx/cultura/51126.html>
- Elizalde Soliz, O. (4 de Junio de 2008). *SOLUBILIDAD DE CAPSAICINA Y PIGMENTOS LIPOSOLUBLES (CAROTENOIDES) DEL CHILE POBLANO EN CO2 SUPERCRITICO*. Obtenido de <http://tesis.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/3803/1/SOLUBILIDADESEDELA.pdf>
- Eslava Hernandez, K., & Zepeta Alarcon, J. (Octubre de 2011). *Obtencion de gas pimienta a partir de Chile Jalapeño (Capsicum annum)*. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjw3r2mq73NAhVJGB4KHb3FChIQFgghMAA&url=http%3A%2F%2Fcdigital.uv.mx%2Fbitstream%2F123456789%2F29491%2F1%2FEslavaHdzyZepetaAlarcon.pdf&usg=AFQjCNHxzm3e01V7-2N6Tze5xWm88>

Fellows, P. J. (2000). *TECNOLOGÍA DEL PROCESADO DE LOS ALIMENTOS: PRINCIPIOS Y PRÁCTICA*. Zaragoza - España: ACRIBIA S.A.

Fennema, O. (2000). *QUIMICA DE ALIMENTOS*. Zaragoza - España: Acribia S.A.

Ferré, Joan; Rius, F. Xavier. (s.f.). *INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE EXPERIMENTOS*.
Obtenido de
<https://www.google.com.bo/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&sqj=2&ved=0ahUKEwiw2YHGn6jNAhXJdh4KHUZJBFsQFggsMAM&url=http%3A%2F%2Fwww.quimica.urv.es%2Fquimio%2Fgeneral%2Fdis.pdf&usg=AFQjCNEa3dnfv7Wd2J2hUWUJyDHIYLILA&bvm=bv.124272578,d>

FUNDACIÓN PROIMPA. (2015). Obtenido de fUNDACIÓN PROIMPA INFORME COMPENDIO 2011 - 2014:
<http://www.proinpa.org/publico/compendio/files/res/downloads/book.pdf>

Guarachi Ayaviri, A. (2004). *OPERACIONES DE SEPARACIÓN POR LOTES*. La Paz - Bolivia: UMSA.

Herrera Arcos, V. M. (Marzo de 2013). *Estudio Comparativo del contenido de compuestos volátiles, ácidos grasos, capsaicina y carotenos en Capsicum annuum var. Annuum sometido a un proceso de secado*. Obtenido de
https://www.google.com.bo/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjTyLKVurjNAhUJmR4KHTLAAT0QFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fcdigital.uv.mx%2Fbitstream%2F123456789%2F33118%2F1%2Fherreraarcosvianca.pdf&usg=AFQjCNFBrJuV4mwwqQaOrxLrT8_Kygh

Hilaquita Chiquipa, M. L. (2006). *Industrialización del locoto en polvo*. La Paz: UMSA.

Ibarz, A., & Canovas, G. V. (2005). *OPERACIONES UNITARIAS EN LA INGENIERIA DE ALIMENTOS*. Madrid - España: Ediciones Mundi - Prensa.

IBQ. Carrillo Montes, J. P. (9 de Diciembre de 2008). *SECADO DE PIMIENTO MORRON (Capsicum annuum) EN LECHO FLUIDIZADO CON CICLOS DE ATEMPERADO Y EL EFECTO EN SU CALIDAD*. Obtenido de
<http://tesis.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/4182/1/SECADOPIMIENTO.pdf>

Jäger, M., Jiménez, A., & Amaya, K. (2013). *Guía de oportunidades de mercado para los ajíes nativos del Perú*. Obtenido de
<https://www.google.com.bo/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&u>

act=8&ved=0ahUKEwjlkfiglpfNAhUEKx4KHVsTC5cQFggrMAM&url=https%3A%2F%2Fwww.biodiversityinternational.org%2Ffileadmin%2F_migrated%2Fuploads%2Ftx_news%2FGuia_de_oportunidades_de_mercado

Jäger, Matthias; Jiménez, Alejandra; Amaya, Karen. (2010). *LAS CADENAS DE VALOR DE LOS AJIES NATIVOS EN BOLIVIA*. Obtenido de http://www.biodiversityinternational.org/uploads/tx_news/Las_cadenas_de_valor_de_los_aj%C3%ADes_nativos_de_Bolivia_1731.pdf

Lic. Nut. Troconis Torres, I. G. (Enero de 2012). *Huella genética de cultivares de Capsicum Annuum L. y su relación con el perfil de carotenoides y fenoles*. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj-0fuEjb3NAhUCGh4KHYyyAZEQFggjMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.repositoriodigital.ipn.mx%2Fbitstream%2Fhandle%2F123456789%2F16138%2FTROCONIS%2520TORRES%2520IVONNE%2520GUADAL>

Martinez Fuertes, F. M., & Narváez Jaramillo, Y. R. (2013). *Utilización de 3 variedades de pimiento (Capsicum annuum var. Annuum, Capsicum sinense, Capsicum baccatum L) y 3 variedades de ají (Capsicum frutescen, Capsicum pubescens, Capsicum chinense), fresco y deshidratado para la elaboración de queso fresco*. Obtenido de <http://181.198.77.140:8080/xmlui/handle/123456789/20?show=full>

Maupey P., F., Andres, A., Barat, J., & Albors, A. (2001). *Introducción al secado de alimentos*. Valencia: UPV.

Mayor, L., & Sereno, A. (2004). *Modelling shrinkage during convective drying of foods materials: a review*. Obtenido de Journal of food engineering: https://web.fe.up.pt/~sereno/publ/2004/JFE_ShrinkReview.pdf

Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y análisis de experimentos*. Limusa Wiley.

Nuez, F., Gil, R., & Costa, J. (2003). *El cultivo de pimientos, chiles y ajies*. Madrid - España: Mundi-Prensa.

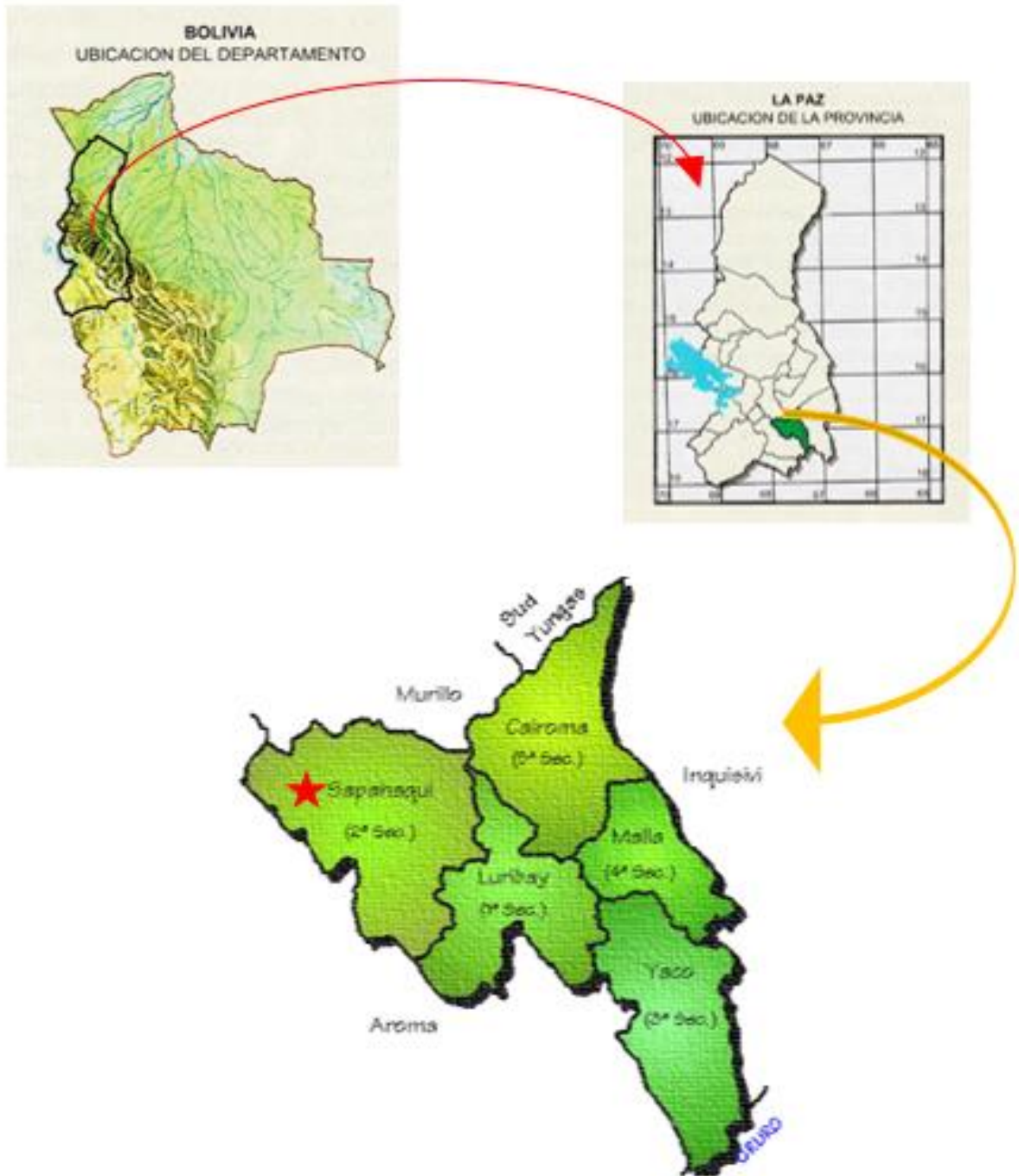
Operaciones preliminares. (s.f.). Obtenido de <http://docplayer.es/14994276-Operaciones-preliminares.html>

Perry, R. H. (1992). *Manual del ingeniero químico*. Mexico: Mc. Graw Hill.

- PERÚ MINISTERIO DE AGRICULTURA. (s.f.). *AJÍES PERUANOS SAZÓN PARA EL MUNDO*. Obtenido de <http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/webdocs/ajiesdelPeru.pdf>
- PROINPA. (2006). *Mejoramiento de la rentabilidad del cultivo de aji en Chuquisaca*. Obtenido de <http://www.proinpa.org/tic/pdf/Hortalizas%20y%20leguminosas/Aji/pdf53.pdf>
- Purseglove, J., Brown, E., Oreen, C., & Robbins, S. (1981). *Spices Vol. I*. London: Longman.
- Rahman, M. (1999). *Hand book of food preservation*. New York.
- Sharma, S. K., Mulvaney, S. J., & Rizvi, S. S. (2003). *INGENIERÍA DE ALIMENTOS: Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio*. México: Limusa Wiley.
- Solihagua S.A de C.V. (Mayo de 2014). *Manual del procedimiento para la extracción de capsaicina del Chile Habanero*. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwju_NqloaHNAhUHHB4KHWHgCWUQFgggMAA&url=http%3A%2F%2Fsiproduce.sifupro.org.mx%2Fseguimiento%2Farchivero%2F23%2F2013%2Fanalales%2Fanu_2339-25-2014-05-2.pdf&usg=AFQjCNGhV
- Treybal, R. E. (2002). *Operaciones de transferencia de masa*. Mexico: Mc. Graw Hill.
- Turn. (2001). *Chile habanero, características y tecnología de producción*.

9 Anexos

Anexo 1: Departamento de La Paz- Provincia Loayza – Municipio de Sapahaqui



Fuente: Las cadenas de valor de los ajies nativos de Bolivia.

Anexo 2: Formulario de identificación de planta



Herbario Nacional
de Bolivia (LPB)

Herbario Nacional de Bolivia

Instituto de Ecología de la Universidad Mayor de San Andrés y Museo
Nacional de Historia Natural
Casilla 10077 - Correo Central, La Paz - Bolivia / Campus Universitario, Calle 27 Cota Cota
Teléfonos (591 -2) - 2792582 - 2792416 - 2121751 Fax (591-2) 2770962
e-mail: lpb@accelerate.com, herbarionacional.lpb@gmail.com

PLANTA COLECTADA POR: Vargas Mejillones Jenny Silvana
Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ingeniería
Carrera Ingeniería Química

Determinada por LPB: Rossy de Michel

Fecha: mayo 2016

Familia	Solanaceae	
NC	Capsicum cardenasii	Heiser PP.G. Sn



Fuente: Herbario Nacional de Bolivia

Anexo 3: Materiales y Reactivos

Tabla 9.1. Reactivos Utilizados

Reactivos	Concentración
Hidróxido de sodio	0,1 [N]
Hidróxido de sodio	1 [N]
Ácido Clorhídrico	0,05 [N]
Hexano	95%
Etanol	99%
Acetona	95%
Éter de petróleo	95%
Agua destilada	----

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9.2. Equipos Utilizados

Equipo	Marca
Balanza Analítica	Corimex
Termo-balanza	AND MX 50
Estufa	Mermet
Tornillo micrométrico	Bosch
Refractómetro Digital	Hanna
Mufla	Quimis
Equipo Soxhelt	----
Equipo Kjendhal	----
Embudo Buchner	----
Embudo Gooch	----
Anemómetro Digital	UT 363
Termocuplas	----
Bomba de Vacío	----
Hornilla Eléctrica	----
Secador de bandejas	----
Molino Manual	----

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9.3. Materiales Utilizados

Material	Unidades	Cantidad
Crisoles	100, 250, 600, 1000 [mL]	10
Vass Precipitados	50, 100, 250 [mL]	5
Matraz Erlenmeyer	10, 50, 100, 250 [mL]	3
Matraz Aforado	10, 50 [mL]	4
Probeta Graduada	10, 50 [mL]	3
Bureta Graduada	----	2
Mortero	----	3
Embudo	----	1
Pizeta	----	1
Varilla de vidrio	----	2
Vidrio reloj	----	3
Cepillo	----	1
Tamiz ASTM	12,16,20,30,40,70,100	7

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4: Formulario Localización – Producción – Comercialización

FORMULARIO 000-TE-V01										
LOCALIZACIÓN-PRODUCCIÓN-COMERCIALIZACIÓN										
FECHA:										
PRODUCTO:										
I.- RECONOCIMIENTO DE LOCALIZACIÓN										
1.- INSTRUCCIONES: Asigne una puntuación a cada factor de uno (1) a diez (10), siendo 1 el puntaje mínimo y 10 el máximo										
2.- EVALUACIÓN										
FACTOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Materia prima										
Clima/Temperatura										
Humedad										
Calidad del suelo										
Calidad de agua de riego										
II.- PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN										
1.- INSTRUCCIONES: Seleccione la respuesta adecuada en cada pregunta (ITEM)										
2.- EVALUACIÓN										
1.- Cuenta con área disponible para el sembrado de ulupica									SI	NO
2.- La comunidad cuenta con organizaciones de productores de ulupica									SI	NO
3.- Conoce usted sobre la disponibilidad de ulupica en el mercado									SI	NO
4.- Tiene conocimiento sobre las variedades de semilla que se utiliza en el cultivo									SI	NO
5.- Utiliza alguna variedad de semilla certificada para el cultivo									SI	NO
6.- Se realiza un análisis de suelo antes del sembradío									SI	NO
7.-La comunidad cuenta con agua de riego para el mantenimiento y crecimiento del producto									SI	NO
8.- Se realiza un análisis al agua de riego									SI	NO
9.- ¿Cuenta con áreas disponibles para el sembrado de ulupica?									SI	NO
Menor a media Hectárea			De media a una hectárea			Mayor a una hectárea				
10.- ¿Usted conoce sobre la transformación para darle valor agregado a la ulupica?									SI	NO
Escabeche de ulupica		SI	NO							
Ulupica en aceite		SI	NO	Ulupica seca				SI	NO	
Mermelada de ulupica		SI	NO	Otros				SI	NO	

11.- ¿Usted conoce sobre el precio de venta en el mercado?				SI	NO
12.- ¿Usted conoce sobre la disponibilidad de ulupica en el mercado?				SI	NO
13.- ¿Considera la exportación como una alternativa para mejorar sus ingresos?				SI	NO
14.- ¿Usted considera que el cultivo de uupica es rentable?				SI	NO
15.- ¿Los productores tienen algún grado de instrucción?				SI	NO
Ninguno	SI	NO			
Primaria	SI	NO	Nivel Técnico	SI	NO
Secundaria	SI	NO	Ninguno	SI	NO
16.- ¿Los productores cuentan con capacitación en técnicas productivas de cultivo?				SI	NO
17.- ¿Los productores tienen conocimiento sobre el uso de semilla y rotación de suelos para el cultivo de ulupica?				SI	NO
18.- ¿Tiene algún conocimiento sobre buenas prácticas de producción?				SI	NO
Sugerencia para mejora:					
¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!					
Responsable: VARGAS MEJILLONES, Jenny Silvana					


Anexo 5: Formulario de análisis fisicoquímico INLASA

		<p style="text-align: center;">INLASA INSTITUTO NACIONAL DE LABORATORIOS DE SALUD "Dr. Néstor Morales Villazón"</p>			
<p>LABORATORIO DE CONTROL DE ALIMENTOS COORDINADOR NACIONAL DE LA RELOAA</p>					
LCA-P18-F01 Versión: 01 Emisión: 2016-03-28		<p>INFORME DE ENSAYO</p>		Página: 1 de 1	
Código: 16 - 1743		Muestra: Ulupica (Capsicum Cardenasi)			
Nombre de Cliente		Unidad de Vigilancia Control de Calidad e Inocuidad Alimentaria - UVCCIA			
Dirección del Cliente:		Pasaje Rafael Zubieta N° 1889 Miraflores			
Procedencia: Sapahaqui					
Envase: Polietileno			Cantidad: 250 g		
Acta de muestreo: 406129			Tarjeta de Muestreo: 59411		
Fecha de muestreo:		2016-09-16	Hora:	11h10	
Fecha de ingreso a laboratorio:		2016-09-16	Hora:	11h50	
Fecha de análisis:		2016-09-19	Hora:	08h30	
<p>RESULTADOS</p>					
<p>CARACTERES ORGANOLEPTICAS</p>					
Color: Propio			Sabor: Propio		
Olor: Propio			Aspecto: Propio		
<p>ANALISIS FISICO QUIMICO</p>					
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	LIMITE	
Valor Energetico	74	Kcal/100g	NB 312032-2006	Sin referencia de norma	
Humedad	80,99	g/100 g	NB 074-2000	Sin referencia de norma	
Proteína	3,52	g/100 g	ISO 20483-2006	Sin referencia de norma	
Materia Grasa	0,58	g/100 g	-----	Sin referencia de norma	
Carbohidratos	13,46	g/100 g	NB 312031-2010	Sin referencia de norma	
Fibra Cruda	6,44	g/100 g	NB 312028-2006	Sin referencia de norma	
Cenizas	1,45	g/100 g	NB 075-2000	Sin referencia de norma	
Clasificación: Ulupica (Capsicum Cardenasi)					
Analista (s) Dra. E. Mendoza, Dra. D. Vasquez, Dra. E. Guillen					
La Paz, 04 de septiembre de 2016					
 Dra. Claudia Zenteno San Miguel SUPERVISOR TECNICO AREA DE FISICOQUIMICA LABORATORIO CONTROL DE ALIMENTOS INLASA		 M. Sc. Erika Montaña Riveros RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO DE CONTROL DE ALIMENTOS INLASA		 M. Sc. Pamela Vidal Velásquez COORDINADORA DE LA UNIDAD DE CONTROL INLASA	

Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al Laboratorio
 Está prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin aprobación escrita del Laboratorio.


Fuente: INLASA

Anexo 6: Formulario de análisis microbiológico INLASA



MINISTERIO de SALUD
ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

INLASA
INSTITUTO NACIONAL DE LABORATORIOS DE SALUD
DR. NÉSTOR MORALES VILLAZÓN
LABORATORIO DE CONTROL DE ALIMENTOS
COORDINADOR NACIONAL DE LA RELOAA



RELOAA

LCA-P18-F01
Versión: 01
Emisión: 2016-03-28

INFORME DE ENSAYO

1 de 1

Código: 17-3682	Muestra Ulupica en polvo
Nombre del Cliente: Unidad de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria - UVCCIA	
Dirección del Cliente Pasaje Rafael Zubieta Nº 1889 Miraflores	Procedencia de la Muestra: La Paz
Naturaleza de la Muestra: *****	Cantidad: 250 g
Envase: Polietileno	Acta de muestreo: 407168 Tarjeta de muestreo: 41722
Fecha de muestreo: 2017-09-08	Hora: 11h45
Fecha ingreso a laboratorio: 2017-09-08	Hora: 12h00
Fecha de análisis: 2017-09-08	Hora: 13h10

RESULTADOS

ANALISIS MICROBIOLÓGICO


RECUENTO

Método	Parametro	Valor encontrado	Valor permitido	Norma de referencia
NB-32003	Aerobios mesófilos	2,3X10 ⁶ UFC/g	1X10 ⁶ UFC/g	Reglamento Sanit. Alimt. Chile/14
NB-32006	Mohos	4,5X10 ⁴ UFC/g	1X10 ⁴ UFC/g	Reglamento Sanit. Alimt. Chile/14
NB-32006	Levaduras	<1,0X10 ¹ UFC/g	*****	Sin referencia de Norma

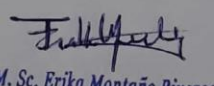
Nota: La expresión <1,0x10¹ UFC/g ,significa que no existe desarrollo de colonias de acuerdo a la sensibilidad de la técnica utilizada

La Paz, 19 de Septiembre de 2017

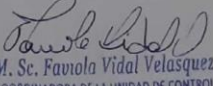
Analista: Maireni Mercado



M. Sc. Daisy Montiveros L.
Supervisora de Área
MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS
INLASA



M. Sc. Erika Montaña Riveros
RESPONSABLE TÉCNICO
LABORATORIO DE CONTROL DE ALIMENTOS
INLASA

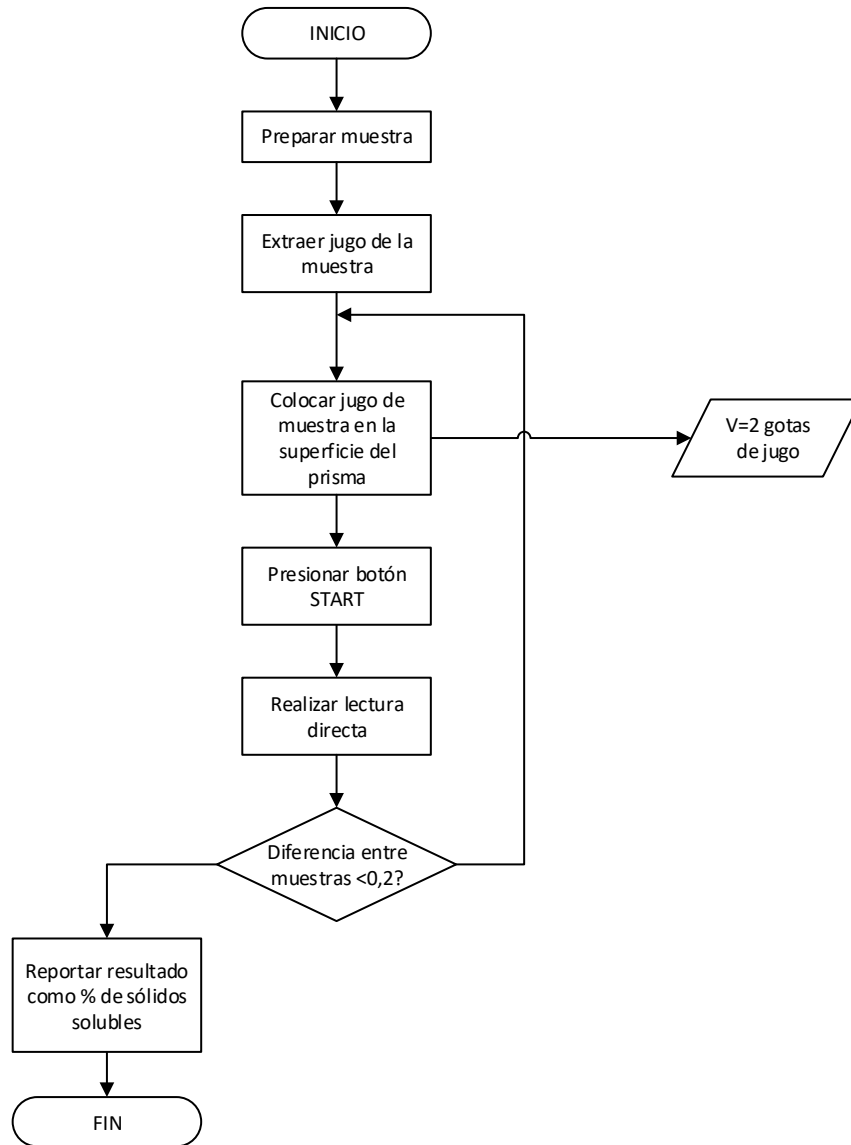


M. Sc. Favola Vidal Velasquez
COORDINADORA DE LA UNIDAD DE CONTROL
INLASA

Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingresa al laboratorio.

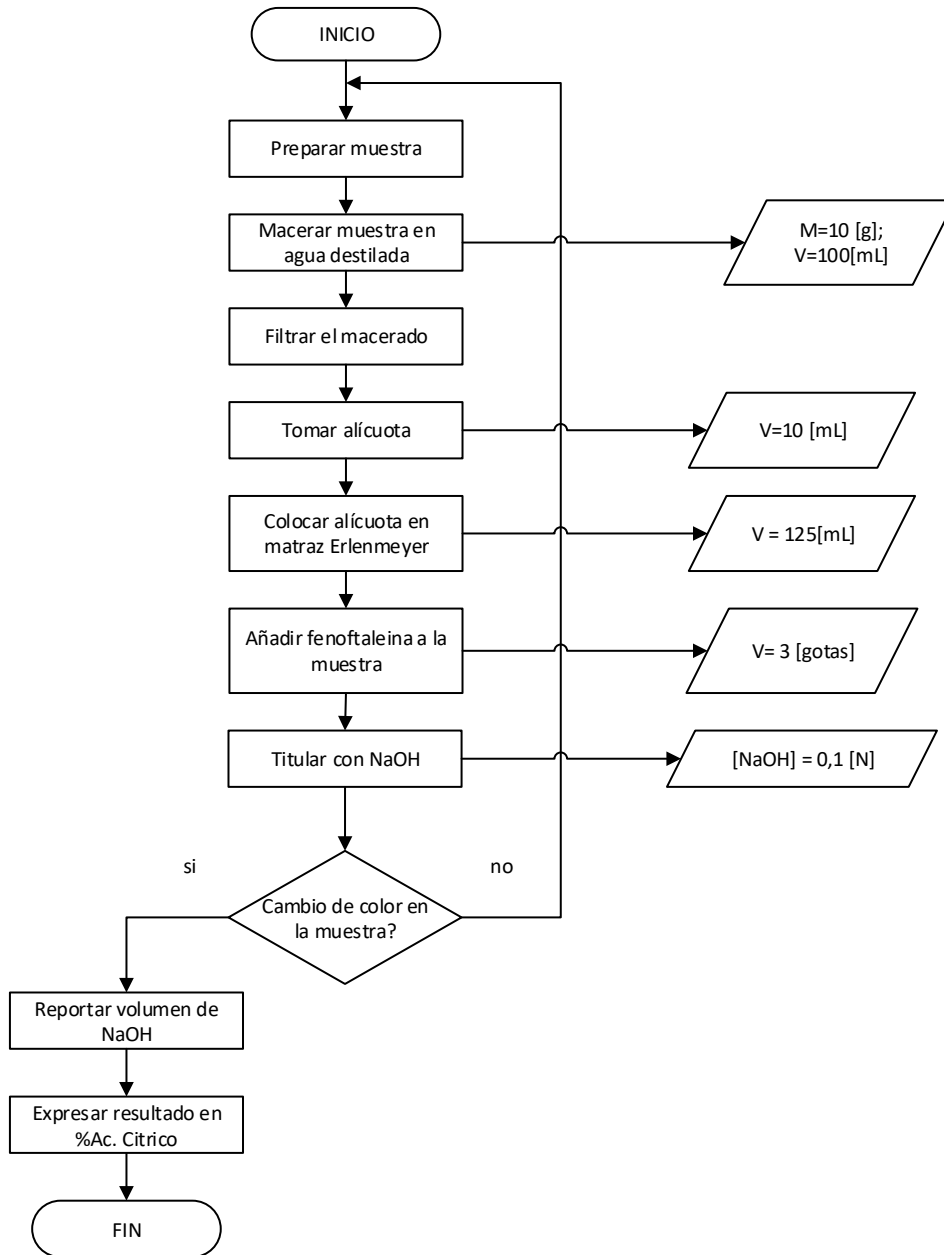
Fuente: INLASA

Anexo 7: Determinación de los sólidos solubles de la muestra



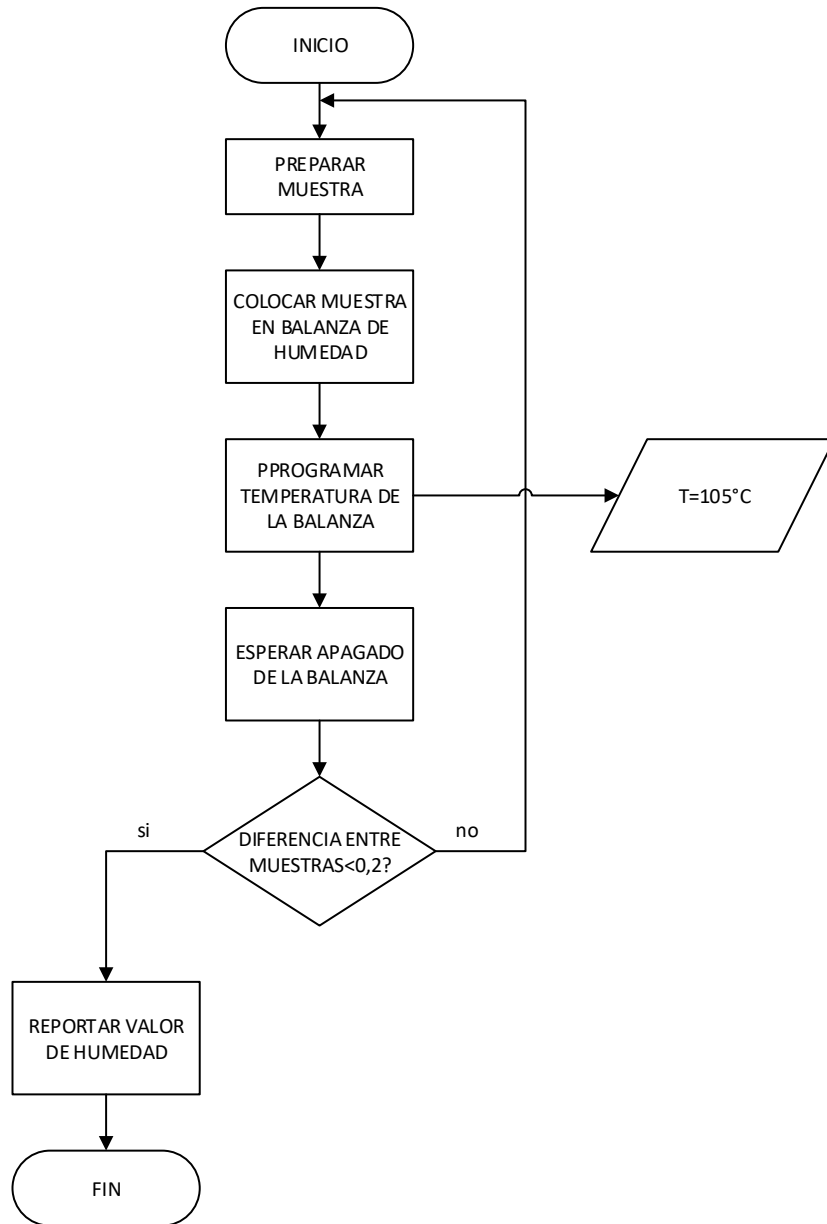
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8: Determinación de la acidez de la muestra



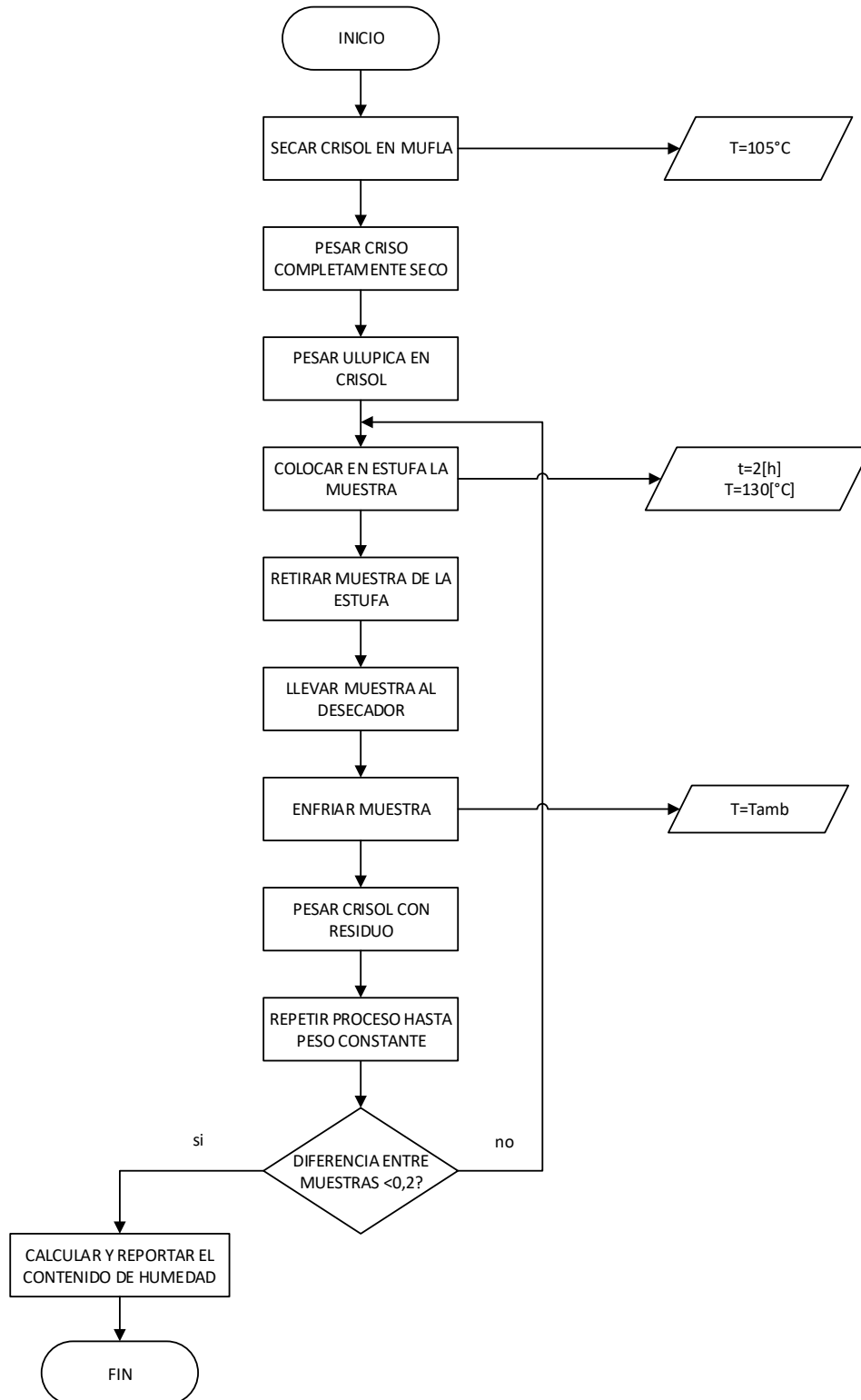
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 9: Determinación de la humedad de la muestra (Termo-balanza)



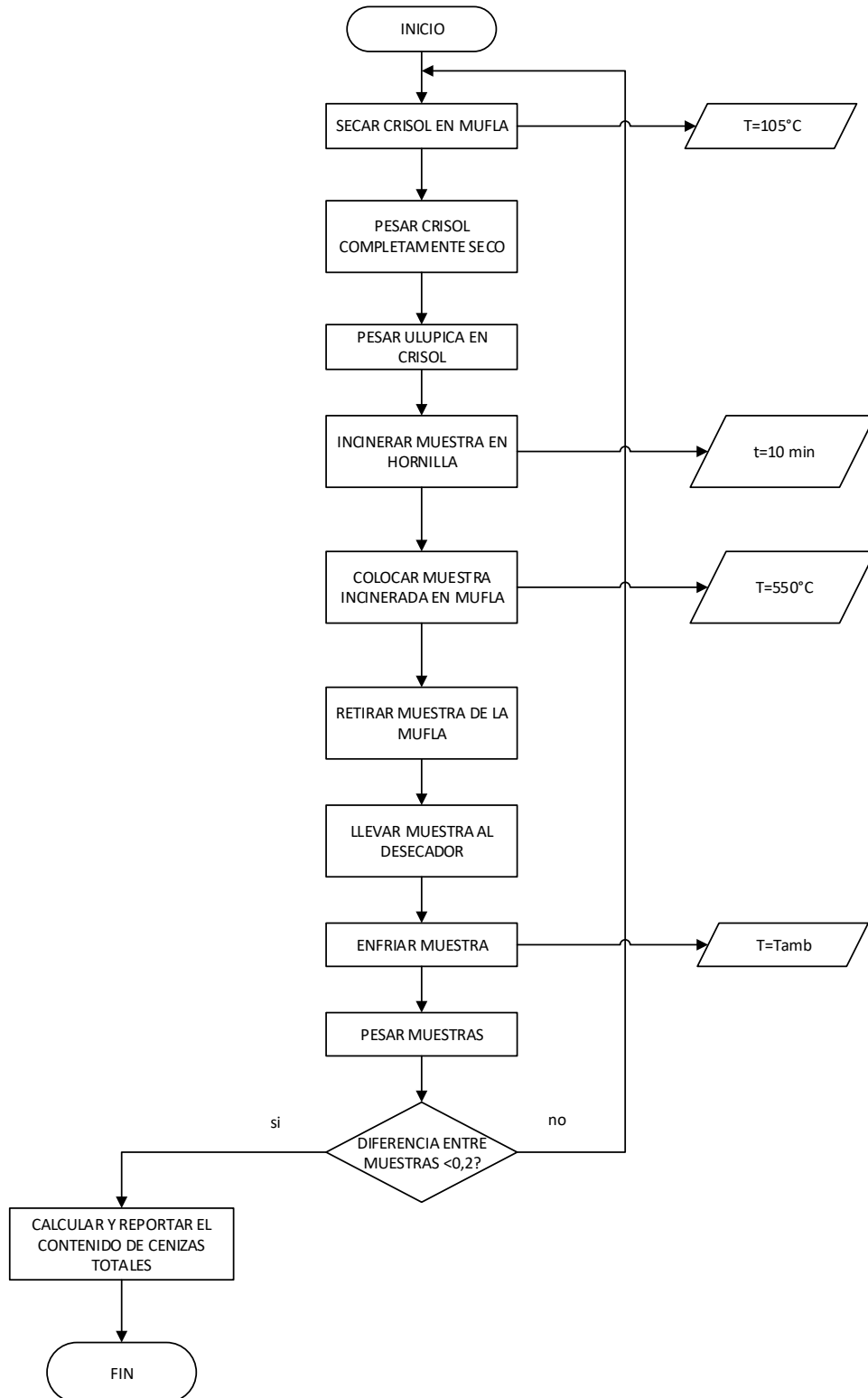
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 10: Determinación de la humedad de la muestra (Estufa)



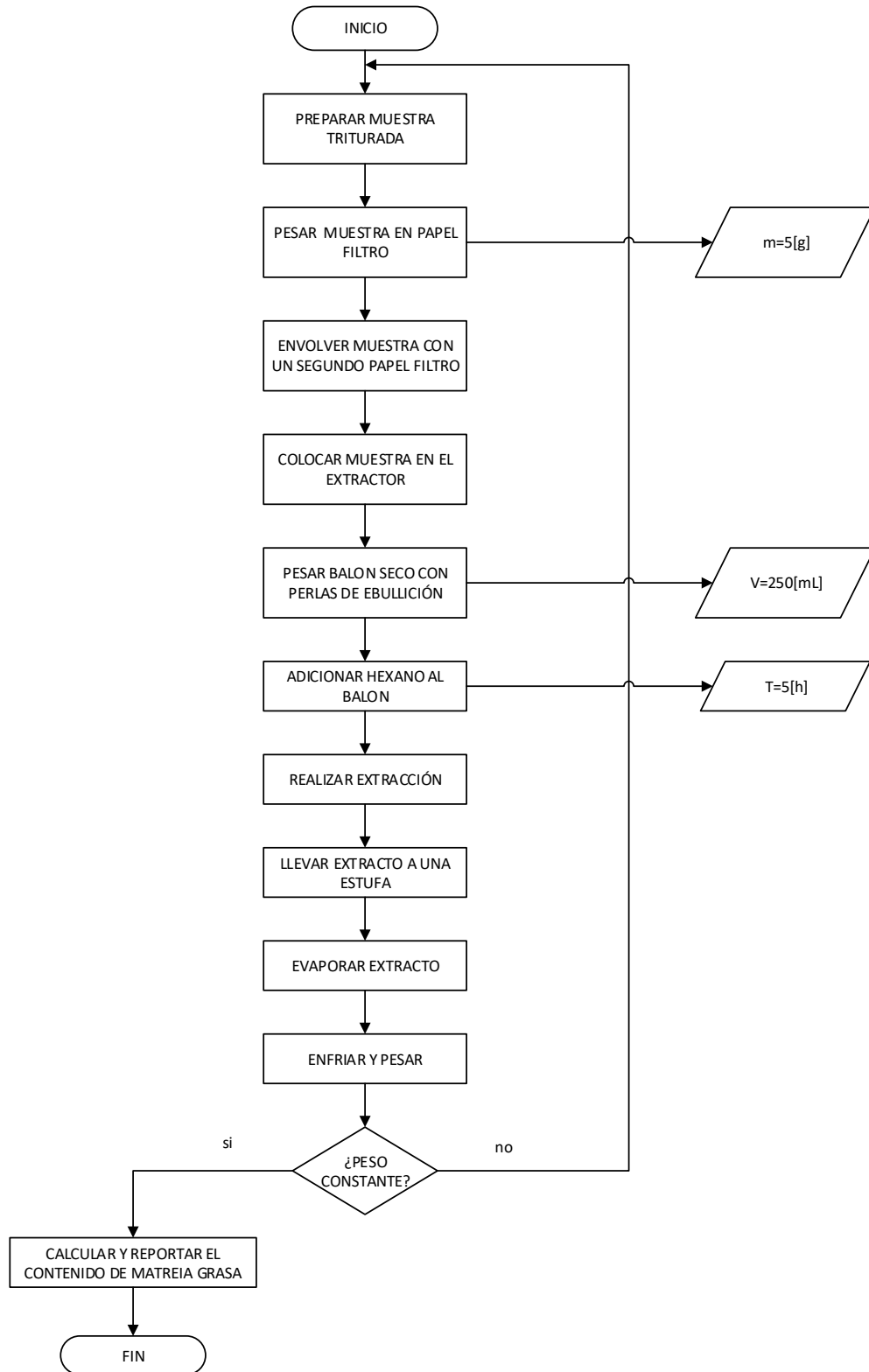
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 11: Determinación de las cenizas totales de la muestra



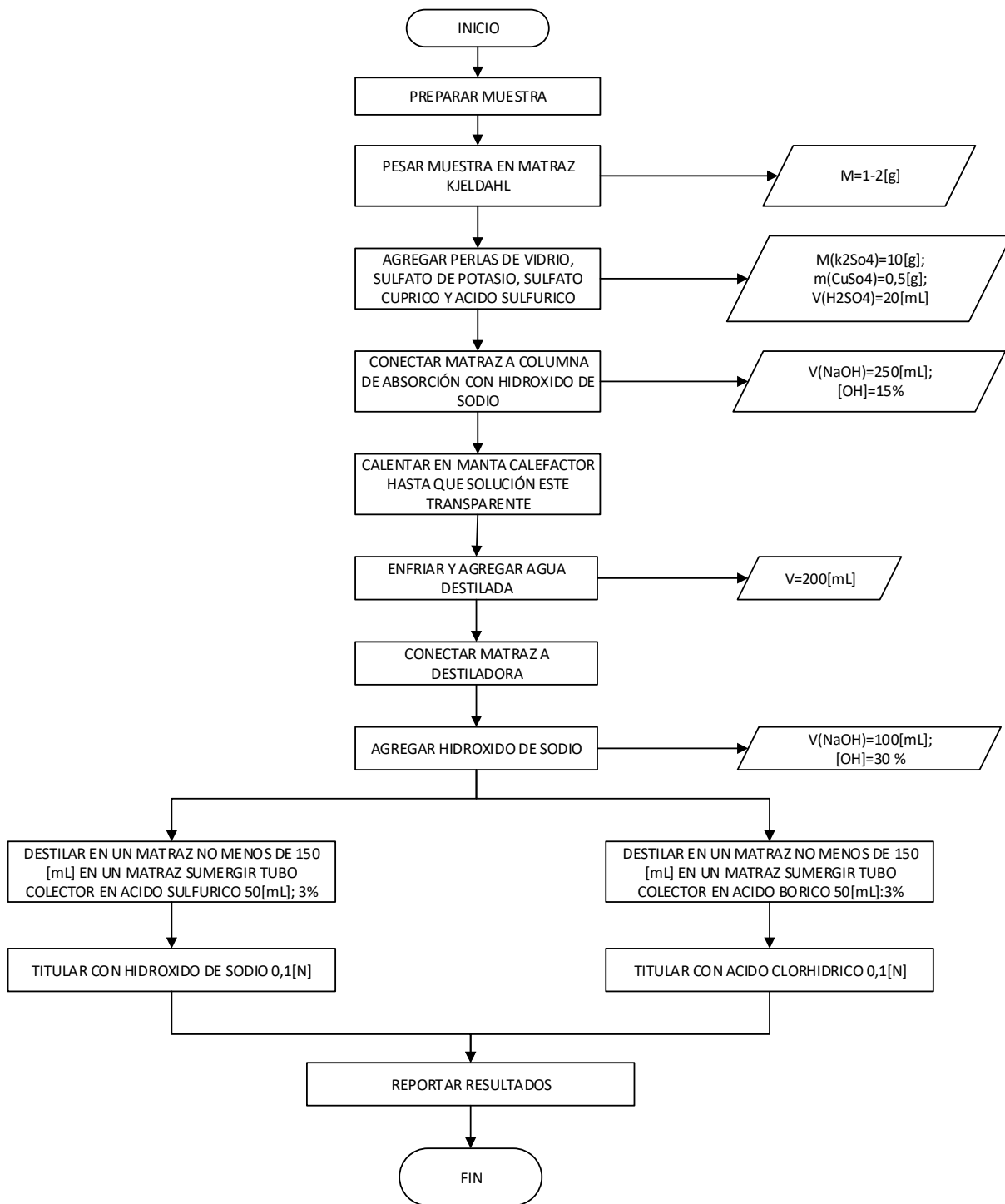
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 12: Determinación de la grasa total de la muestra



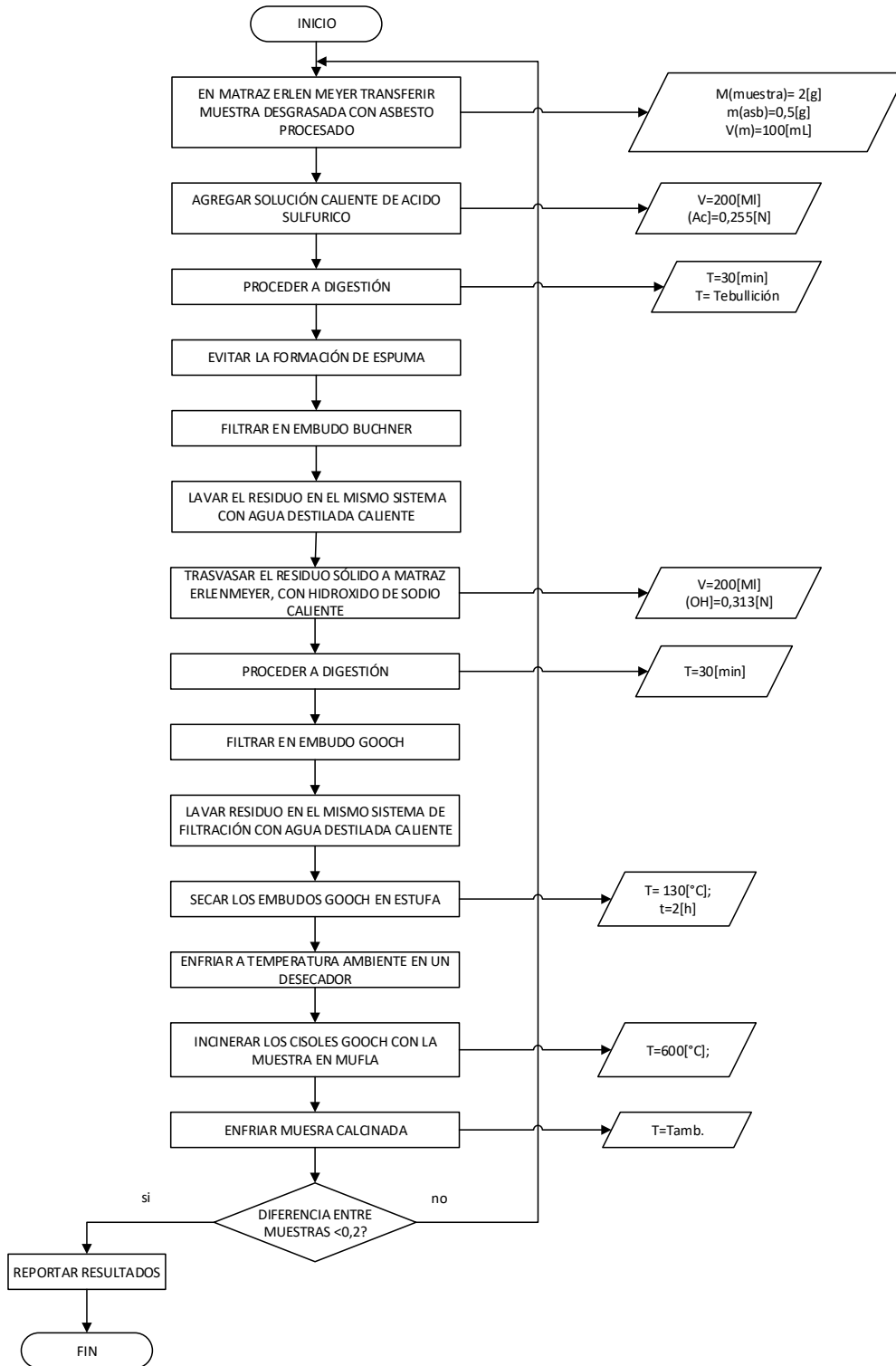
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 13: Determinación de las proteínas de la muestra



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 14: Determinación de la fibra cruda de la muestra



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 15: Tiempo de secado para una muestra tratada a 40°C

Tabla 9.4. Resultados primera hora de secado a 40°C

Tiempo	Tiempo	m	m	x	xL	x prom	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg/h*m2]
0	0,000	50,200	0,050	4,824	4,728	4,725	0,483
10	0,167	48,500	0,049	4,627	4,531	4,441	0,909
20	0,333	45,300	0,045	4,256	4,159	4,047	1,023
30	0,500	41,700	0,042	3,838	3,742	3,647	0,938
40	0,667	38,400	0,038	3,455	3,359	3,264	0,938
50	0,833	35,100	0,035	3,072	2,976	2,887	0,909
60	1,000	31,900	0,032	2,701	2,605	2,573	0,625

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9.5. Resultados segunda y tercera hora de secado a 40°C

Tiempo	Tiempo	m	m	x	xL	x prom	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg/h*m2]
70	1,167	29,700	0,030	2,446	2,349	2,312	0,654
80	1,333	27,400	0,027	2,179	2,083	2,074	0,512
90	1,500	25,600	0,026	1,970	1,874	1,860	0,540
100	1,667	23,700	0,024	1,750	1,653	1,664	0,418
110	1,833	22,230	0,022	1,579	1,483	1,490	0,435
120	2,000	20,700	0,021	1,402	1,305	1,320	0,398
130	2,167	19,300	0,019	1,239	1,143	1,185	0,267
140	2,333	18,360	0,018	1,130	1,034	1,066	0,315
150	2,500	17,250	0,017	1,001	0,905	0,951	0,244
160	2,667	16,390	0,016	0,902	0,805	0,856	0,225
170	2,833	15,600	0,016	0,810	0,714	0,752	0,284
180	3,000	14,600	0,015	0,694	0,597	0,647	0,227

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9.6. Resultados cuarta, quinta, sexta y séptima hora de secado a 40°C

Tiempo	Tiempo	m	m	x	xL	x prom	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg/h*m2]
190	3,167	13,800	0,014	0,601	0,505	0,566	0,171
200	3,333	13,200	0,013	0,531	0,435	0,502	0,142
210	3,500	12,700	0,013	0,473	0,377	0,462	0,057
220	3,667	12,500	0,013	0,450	0,354	0,433	0,085
230	3,833	12,200	0,012	0,415	0,319	0,392	0,114
240	4,000	11,800	0,012	0,369	0,273	0,359	0,051
250	4,167	11,620	0,012	0,348	0,252	0,324	0,119
260	4,333	11,200	0,011	0,299	0,203	0,280	0,094
270	4,500	10,870	0,011	0,261	0,165	0,251	0,048
280	4,667	10,700	0,011	0,241	0,145	0,230	0,054
290	4,833	10,510	0,011	0,219	0,123	0,207	0,060
300	5,000	10,300	0,010	0,195	0,099	0,188	0,034
310	5,167	10,180	0,010	0,181	0,085	0,159	0,108
320	5,333	9,800	0,010	0,137	0,041	0,131	0,028
330	5,500	9,700	0,010	0,125	0,029	0,121	0,023
340	5,667	9,620	0,010	0,116	0,020	0,113	0,014
350	5,833	9,570	0,010	0,110	0,014	0,106	0,023
360	6,000	9,490	0,009	0,101	0,005	0,100	0,006
370	6,167	9,470	0,009	0,099	0,002	0,098	0,006
380	6,333	9,450	0,009	0,096	0,000	0,096	0,000
390	6,500	9,450	0,009	0,096	0,000	0,096	0,000
400	6,667	9,450	0,009	0,096	0,000	0,096	0,000
410	6,833	9,450	0,009	0,096	0,000	0,096	0,000
420	7,000	9,450	0,009	0,096	0,000	0,096	0,000
430	7,167	9,450	0,009	0,096	0,000	-----	-----

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 16: Tiempo de secado para una muestra tratada a 50°C

Tabla 9.7. Resultados primera hora de secado a 50°C

Tiempo [min]	Tiempo [h]	m [g]	m [Kg]	x [Kg agua/Kg s.s]	xL [Kg agua/Kg s.s]	x prom [Kg agua/Kg s.s]	Na [Kg/h*m2]
0	0,000	50,300	0,050	4,848	4,839	4,767	0,398
10	0,167	48,900	0,049	4,685	4,676	4,505	0,881
20	0,333	45,800	0,046	4,325	4,316	4,131	0,949
30	0,500	42,460	0,042	3,936	3,927	3,741	0,955
40	0,667	39,100	0,039	3,546	3,537	3,338	1,015
50	0,833	35,530	0,036	3,131	3,122	2,931	0,975
60	1,000	32,100	0,032	2,732	2,723	2,558	0,853

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9.8. Resultados segunda y tercera hora de secado a 50°C

Tiempo [min]	Tiempo [h]	m [g]	m [Kg]	x [Kg agua/Kg s.s]	xL [Kg agua/Kg s.s]	x prom [Kg agua/Kg s.s]	Na [Kg/h*m2]
70	1,167	29,100	0,029	2,383	2,374	2,213	0,830
80	1,333	26,180	0,026	2,044	2,035	1,891	0,747
90	1,500	23,550	0,024	1,738	1,729	1,590	0,725
100	1,667	21,000	0,021	1,441	1,432	1,307	0,659
110	1,833	18,680	0,019	1,172	1,163	1,066	0,517
120	2,000	16,860	0,017	0,960	0,951	0,875	0,415
130	2,167	15,400	0,015	0,790	0,781	0,719	0,350
140	2,333	14,170	0,014	0,647	0,638	0,582	0,321
150	2,500	13,040	0,013	0,516	0,507	0,461	0,267
160	2,667	12,100	0,012	0,407	0,398	0,366	0,199
170	2,833	11,400	0,011	0,325	0,316	0,292	0,162
180	3,000	10,830	0,011	0,259	0,250	0,229	0,148

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9.9. Resultados cuarta y quinta hora de secado a 50°C

Tiempo [min]	Tiempo [h]	m [g]	m [Kg]	x [Kg agua/Kg s.s]	xL [Kg agua/Kg s.s]	x prom [Kg agua/Kg s.s]	Na [Kg/h*m2]
190	3,167	10,310	0,010	0,199	0,189	0,179	0,094
200	3,333	9,980	0,010	0,160	0,151	0,147	0,065
210	3,500	9,750	0,010	0,134	0,124	0,125	0,040
220	3,667	9,610	0,010	0,117	0,108	0,109	0,040
230	3,833	9,470	0,009	0,101	0,092	0,098	0,014
240	4,000	9,420	0,009	0,095	0,086	0,093	0,011
250	4,167	9,380	0,009	0,091	0,081	0,088	0,014
260	4,333	9,330	0,009	0,085	0,076	0,082	0,014
270	4,500	9,280	0,009	0,079	0,070	0,077	0,009
280	4,667	9,250	0,009	0,075	0,066	0,075	0,002
290	4,833	9,243	0,009	0,075	0,065	0,074	0,003
300	5,000	9,233	0,009	0,073	0,064	0,073	0,004
310	5,167	9,220	0,009	0,072	0,063	0,071	0,006
320	5,333	9,200	0,009	0,070	0,060	0,068	0,006
330	5,500	9,180	0,009	0,067	0,058	0,067	0,000
340	5,667	9,180	0,009	0,067	0,058	0,067	0,000
350	5,833	9,180	0,009	0,067	0,058	-----	-----

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 17: Tiempo de secado para una muestra tratada a 60°C

Tabla 9.10. Resultados primera hora de secado a 60°C

Tiempo	Tiempo	m	m	x	xL	x prom	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg/h*m2]
0	0,000	50,200	0,050	4,841	4,776	4,643	0,966
10	0,167	46,800	0,047	4,446	4,381	4,131	1,535
20	0,333	41,400	0,041	3,817	3,753	3,526	1,421
30	0,500	36,400	0,036	3,235	3,171	2,939	1,449
40	0,667	31,300	0,031	2,642	2,577	2,361	1,373
50	0,833	26,470	0,026	2,080	2,015	1,907	0,844
60	1,000	23,500	0,024	1,734	1,670	1,560	0,853

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9.11. Resultados segunda y tercera hora de secado a 60°C

Tiempo	Tiempo	m	m	x	xL	x prom	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg/h*m2]
70	1,167	20,500	0,021	1,385	1,321	1,263	0,597
80	1,333	18,400	0,018	1,141	1,076	1,007	0,654
90	1,500	16,100	0,016	0,873	0,809	0,769	0,512
100	1,667	14,300	0,014	0,664	0,599	0,559	0,512
110	1,833	12,500	0,013	0,454	0,390	0,409	0,225
120	2,000	11,710	0,012	0,363	0,298	0,306	0,276
130	2,167	10,740	0,011	0,250	0,185	0,236	0,065
140	2,333	10,510	0,011	0,223	0,158	0,205	0,085
150	2,500	10,210	0,010	0,188	0,123	0,171	0,082
160	2,667	9,920	0,010	0,154	0,090	0,149	0,026
170	2,833	9,830	0,010	0,144	0,079	0,136	0,037
180	3,000	9,700	0,010	0,129	0,064	0,124	0,023

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9.12. Resultados cuarta y quinta hora de secado a 60°C

Tiempo	Tiempo	m	m	x	xL	x prom	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg/h*m2]
190	3,167	9,620	0,010	0,119	0,055	0,112	0,034
200	3,333	9,500	0,010	0,105	0,041	0,100	0,026
210	3,500	9,410	0,009	0,095	0,030	0,091	0,017
220	3,667	9,350	0,009	0,088	0,023	0,085	0,014
230	3,833	9,300	0,009	0,082	0,017	0,080	0,011
240	4,000	9,260	0,009	0,077	0,013	0,075	0,011
250	4,167	9,220	0,009	0,073	0,008	0,072	0,006
260	4,333	9,200	0,009	0,070	0,006	0,069	0,006
270	4,500	9,180	0,009	0,068	0,003	0,068	0,003
280	4,667	9,170	0,009	0,067	0,002	0,066	0,006
290	4,833	9,150	0,009	0,065	0,000	0,065	0,000
300	5,000	9,150	0,009	0,065	0,000	0,065	0,000
310	5,167	9,150	0,009	0,065	0,000	0,065	0,000
320	5,333	9,150	0,009	0,065	0,000	0,065	0,000
330	5,500	9,150	0,009	0,065	0,000	-----	-----

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 18: Tiempo de secado para una muestra tratada a 70°C

Tabla 9.13. Resultados primera hora de secado a 70°C

Tiempo	Tiempo	m	m	x	xL	x prom	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg/h*m2]
0	0,000	50,000	0,050	4,814	4,762	4,541	1,336
10	0,167	45,300	0,045	4,267	4,215	3,942	1,592
20	0,333	39,700	0,040	3,616	3,564	3,308	1,506
30	0,500	34,400	0,034	3,000	2,948	2,692	1,506
40	0,667	29,100	0,029	2,384	2,331	2,110	1,336
50	0,833	24,400	0,024	1,837	1,785	1,674	0,796
60	1,000	21,600	0,022	1,512	1,459	1,378	0,654

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9.14. Resultados segunda y tercera hora de secado a 70°C

Tiempo	Tiempo	m	m	x	xL	x prom	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg/h*m2]
70	1,167	19,300	0,019	1,244	1,192	1,093	0,739
80	1,333	16,700	0,017	0,942	0,890	0,808	0,654
90	1,500	14,400	0,014	0,674	0,622	0,581	0,455
100	1,667	12,800	0,013	0,488	0,436	0,407	0,398
110	1,833	11,400	0,011	0,326	0,273	0,273	0,256
120	2,000	10,500	0,011	0,221	0,169	0,185	0,176
130	2,167	9,880	0,010	0,149	0,097	0,128	0,102
140	2,333	9,520	0,010	0,107	0,055	0,102	0,026
150	2,500	9,430	0,009	0,097	0,044	0,092	0,020
160	2,667	9,360	0,009	0,088	0,036	0,085	0,017
170	2,833	9,300	0,009	0,081	0,029	0,079	0,011
180	3,000	9,260	0,009	0,077	0,024	0,075	0,009

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9.15. Resultados cuarta y quinta hora de secado a 70°C

Tiempo	Tiempo	m	m	x	xL	x prom	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg/h*m2]
190	3,167	9,230	0,009	0,073	0,021	0,072	0,009
200	3,333	9,200	0,009	0,070	0,017	0,068	0,009
210	3,500	9,170	0,009	0,066	0,014	0,065	0,009
220	3,667	9,140	0,009	0,063	0,010	0,061	0,009
230	3,833	9,110	0,009	0,059	0,007	0,056	0,017
240	4,000	9,050	0,009	0,052	0,000	0,052	0,000
250	4,167	9,050	0,009	0,052	0,000	0,052	0,000
260	4,333	9,050	0,009	0,052	0,000	0,052	0,000
270	4,500	9,050	0,009	0,052	0,000	0,052	0,000
280	4,667	9,050	0,009	0,052	0,000	0,052	0,000
290	4,833	9,050	0,009	0,052	0,000	-----	-----

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 19: Tiempo de secado para una muestra con tratamiento de escaldado

Tabla 9.16. Resultados primera hora de secado muestra con tratamiento térmico

Tiempo	Tiempo	m	m	x	xL	x prom	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg/h*m2]
0	0,000	50,100	0,050	5,072	5,008	4,914	0,739
10	0,167	47,500	0,048	4,757	4,692	4,508	1,165
20	0,333	43,400	0,043	4,260	4,196	4,023	1,108
30	0,500	39,500	0,040	3,787	3,723	3,539	1,165
40	0,667	35,400	0,035	3,290	3,226	3,055	1,103
50	0,833	31,520	0,032	2,820	2,756	2,582	1,114
60	1,000	27,600	0,028	2,345	2,281	2,133	0,995

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9.17. Resultados segunda y tercera hora de secado muestra con tratamiento térmico

Tiempo	Tiempo	m	m	x	xL	x prom	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg/h*m2]
70	1,167	24,100	0,024	1,921	1,857	1,763	0,739
80	1,333	21,500	0,022	1,606	1,542	1,448	0,739
90	1,500	18,900	0,019	1,291	1,226	1,163	0,597
100	1,667	16,800	0,017	1,036	0,972	0,963	0,341
110	1,833	15,600	0,016	0,891	0,827	0,812	0,369
120	2,000	14,300	0,014	0,733	0,669	0,666	0,313
130	2,167	13,200	0,013	0,600	0,536	0,563	0,171
140	2,333	12,600	0,013	0,527	0,463	0,479	0,227
150	2,500	11,800	0,012	0,430	0,366	0,394	0,171
160	2,667	11,200	0,011	0,357	0,293	0,321	0,171
170	2,833	10,600	0,011	0,285	0,221	0,254	0,142
180	3,000	10,100	0,010	0,224	0,160	0,200	0,114

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9.18. Resultados cuarta y quinta hora de secado muestra con tratamiento térmico

Tiempo	Tiempo	m	m	x	xL	x prom	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg/h*m2]
190	3,167	9,700	0,010	0,176	0,111	0,166	0,045
200	3,333	9,540	0,010	0,156	0,092	0,143	0,060
210	3,500	9,330	0,009	0,131	0,067	0,128	0,014
220	3,667	9,280	0,009	0,125	0,061	0,124	0,003
230	3,833	9,270	0,009	0,123	0,059	0,123	0,003
240	4,000	9,260	0,009	0,122	0,058	0,118	0,020
250	4,167	9,190	0,009	0,114	0,050	0,110	0,017
260	4,333	9,130	0,009	0,106	0,042	0,088	0,088
270	4,500	8,820	0,009	0,069	0,005	0,066	0,011
280	4,667	8,780	0,009	0,064	0,000	0,064	0,000
290	4,833	8,780	0,009	0,064	0,000	0,064	0,000
300	5,000	8,780	0,009	0,064	0,000	0,064	0,000
310	5,167	8,780	0,009	0,064	0,000	-----	-----

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 20: Tiempo de secado para una muestra tratada con NaCl

Tabla 9.19. Resultados primera hora de secado muestra tratada con NaCl

Tiempo	Tiempo	m	m	x	xL	x prom	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg/h*m2]
0	0,000	50,300	0,050	4,780	4,732	4,671	0,540
10	0,167	48,400	0,048	4,562	4,514	4,378	0,909
20	0,333	45,200	0,045	4,194	4,146	4,016	0,881
30	0,500	42,100	0,042	3,838	3,790	3,648	0,938
40	0,667	38,800	0,039	3,459	3,411	3,269	0,938
50	0,833	35,500	0,036	3,080	3,032	2,878	0,995
60	1,000	32,000	0,032	2,677	2,629	2,499	0,881

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9.20. Resultados segunda y tercera hora de secado muestra tratada con NaCl

Tiempo	Tiempo	m	m	x	xL	x prom	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg/h*m2]
70	1,167	28,900	0,029	2,321	2,273	2,143	0,881
80	1,333	25,800	0,026	1,965	1,917	1,810	0,767
90	1,500	23,100	0,023	1,655	1,607	1,505	0,739
100	1,667	20,500	0,021	1,356	1,308	1,224	0,654
110	1,833	18,200	0,018	1,091	1,043	1,000	0,455
120	2,000	16,600	0,017	0,908	0,860	0,833	0,369
130	2,167	15,300	0,015	0,758	0,710	0,695	0,313
140	2,333	14,200	0,014	0,632	0,584	0,569	0,313
150	2,500	13,100	0,013	0,505	0,457	0,448	0,284
160	2,667	12,100	0,012	0,391	0,342	0,356	0,171
170	2,833	11,500	0,012	0,322	0,274	0,293	0,142
180	3,000	11,000	0,011	0,264	0,216	0,232	0,156

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9.21. Resultados cuarta y quinta hora de secado muestra tratada con NaCl

Tiempo	Tiempo	m	m	x	xL	x prom	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg/h*m2]
190	3,167	10,450	0,010	0,201	0,153	0,178	0,111
200	3,333	10,060	0,010	0,156	0,108	0,141	0,077
210	3,500	9,790	0,010	0,125	0,077	0,114	0,054
220	3,667	9,600	0,010	0,103	0,055	0,094	0,045
230	3,833	9,440	0,009	0,085	0,037	0,077	0,037
240	4,000	9,310	0,009	0,070	0,022	0,068	0,011
250	4,167	9,270	0,009	0,065	0,017	0,062	0,014
260	4,333	9,220	0,009	0,060	0,011	0,058	0,006
270	4,500	9,200	0,009	0,057	0,009	0,056	0,006
280	4,667	9,180	0,009	0,055	0,007	0,054	0,006
290	4,833	9,160	0,009	0,053	0,005	0,051	0,006
300	5,000	9,140	0,009	0,050	0,002	0,049	0,006
310	5,167	9,120	0,009	0,048	0,000	0,048	0,000
320	5,333	9,120	0,009	0,048	0,000	0,048	0,000
330	5,500	9,120	0,009	0,048	0,000	-----	-----

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 21: Tiempo de secado para una muestra tratada con Na₂CO₃

Tabla 9.22. Resultados primera hora de secado muestra tratada con Na₂CO₃

Tiempo	Tiempo	m	m	x	xL	x prom	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg/h*m ²]
0	0,000	50,300	0,050	4,128	4,062	3,975	0,853
10	0,167	47,300	0,047	3,822	3,756	3,648	0,972
20	0,333	43,880	0,044	3,474	3,407	3,306	0,932
30	0,500	40,600	0,041	3,139	3,073	2,986	0,853
40	0,667	37,600	0,038	2,833	2,767	2,670	0,909
50	0,833	34,400	0,034	2,507	2,441	2,375	0,739
60	1,000	31,800	0,032	2,242	2,176	2,140	0,568

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9.23. Resultados segunda y tercera hora de secado muestra tratada con Na₂CO₃

Tiempo	Tiempo	m	m	x	xL	x prom	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg/h*m ²]
70	1,167	29,800	0,030	2,038	1,972	1,926	0,625
80	1,333	27,600	0,028	1,814	1,747	1,717	0,540
90	1,500	25,700	0,026	1,620	1,554	1,523	0,540
100	1,667	23,800	0,024	1,426	1,360	1,350	0,426
110	1,833	22,300	0,022	1,274	1,207	1,192	0,455
120	2,000	20,700	0,021	1,110	1,044	1,039	0,398
130	2,167	19,300	0,019	0,968	0,901	0,921	0,259
140	2,333	18,390	0,018	0,875	0,808	0,817	0,324
150	2,500	17,250	0,017	0,759	0,692	0,715	0,244
160	2,667	16,390	0,016	0,671	0,605	0,631	0,225
170	2,833	15,600	0,016	0,590	0,524	0,559	0,173
180	3,000	14,990	0,015	0,528	0,462	0,500	0,159

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9.24. Resultados cuarta, quinta, sexta y septima hora de secado muestra tratada con Na₂CO₃

Tiempo	Tiempo	m	m	x	xL	x prom	Na
[min]	[h]	[g]	[Kg]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg agua/Kg s.s]	[Kg/h*m2]
190	3,167	14,430	0,014	0,471	0,405	0,449	0,125
200	3,333	13,990	0,014	0,426	0,360	0,406	0,111
210	3,500	13,600	0,014	0,387	0,320	0,368	0,102
220	3,667	13,240	0,013	0,350	0,283	0,334	0,088
230	3,833	12,930	0,013	0,318	0,252	0,307	0,065
240	4,000	12,700	0,013	0,295	0,228	0,285	0,057
250	4,167	12,500	0,013	0,274	0,208	0,266	0,048
260	4,333	12,330	0,012	0,257	0,191	0,249	0,043
270	4,500	12,180	0,012	0,242	0,175	0,236	0,034
280	4,667	12,060	0,012	0,230	0,163	0,225	0,026
290	4,833	11,970	0,012	0,220	0,154	0,213	0,040
300	5,000	11,830	0,012	0,206	0,140	0,203	0,015
310	5,167	11,778	0,012	0,201	0,134	0,197	0,022
320	5,333	11,700	0,012	0,193	0,126	0,188	0,026
330	5,500	11,610	0,012	0,184	0,117	0,178	0,031
340	5,667	11,500	0,012	0,172	0,106	0,169	0,017
350	5,833	11,440	0,011	0,166	0,100	0,157	0,051
360	6,000	11,260	0,011	0,148	0,082	0,144	0,023
370	6,167	11,180	0,011	0,140	0,073	0,136	0,023
380	6,333	11,100	0,011	0,132	0,065	0,122	0,051
390	6,500	10,920	0,011	0,113	0,047	0,103	0,060
400	6,667	10,710	0,011	0,092	0,025	0,085	0,040
410	6,833	10,570	0,011	0,078	0,011	0,072	0,031
420	7,000	10,460	0,010	0,066	0,000	0,066	0,000
430	7,167	10,460	0,010	0,066	0,000	0,066	0,000
440	7,333	10,460	0,010	0,066	0,000	-----	-----

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 22: Formulario – Reconocimiento y comparación del olor

		FORMULARIO 001-TE-V01					
		RECONOCIMIENTO Y COMPARACIÓN DE OLORES					
FECHA:							
PRODUCTO:							
I.- RECONOCIMIENTO DE OLOR							
1.- INSTRUCCIONES							
Los frascos que se presentan a continuación contienen sustancias olorosas que se encuentran fácilmente en el hogar o lugar de trabajo. Acerque el frasco a su nariz (NO realizar contacto directo), saque la tapita y husee brevemente tres veces y trate de identificar el olor. Si no recuerda el nombre exacto de la sustancia, trate de asociar el olor con alguna cosa.							
2.- EVALUACIÓN							
CÓDIGO	¿Ud. percibe algún olor?		¿Ud. reconoce el olor?		NOMBRE, DESCRIPCIÓN O ASOCIACION DEL OLOR.		
	SI	NO	SI	NO			
II.- COMPARACIÓN DE OLORES							
Se proporciona tres (3) muestras de AJÍ, para que usted compare el OLOR de las mismas							
Una de las muestras está marcada con la letra "R" y las otras tres tienen códigos. Acerque el frasco a su nariz, saque la tapita, husee brevemente, posteriormente compárelas con el olor del frasco "R" e indique su respuesta marcando con una "x" donde usted cree que corresponde.							
CÓDIGO	¿Ud. percibe algún olor?		¿Ud. reconoce el olor?		Olor MAS intenso que "R"	Olor IGUAL de intenso que "R"	Olor MENOS intenso que "R"
	SI	NO	SI	NO			
Sugerencias de mejora.							
¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!							
Responsable: VARGAS MEJILLONES Jenny Silvana							

Anexo 23: Formulario – Reconocimiento y comparación del color

		FORMULARIO 002-TE-V01					
		RECONOCIMIENTO Y COMPARACIÓN DE COLOR (SENSIBILIDAD VISUAL)					
FECHA:							
PRODUCTO:							
I.- RECONOCIMIENTO DE COLOR							
1.- INSTRUCCIONES							
Los frascos que se presentan a continuación contienen sustancias con color que se encuentran fácilmente en el hogar o lugar de trabajo. Explore lentamente y trate de identificar el color, si no recuerda el nombre exacto del color, trate de asociar con alguna cosa.							
2.- EVALUACIÓN							
CÓDIGO	¿Ud. percibe algún color?		¿Ud. reconoce el color?		NOMBRE, DESCRIPCIÓN O ASOCIACION DEL COLOR.		
	SI	NO	SI	NO			
II.- COMPARACIÓN DE COLORES							
Se proporciona tres (3) muestras de AJÍ, para que usted compare el COLOR de las mismas							
Una de las muestras está marcada con la letra "R" y las otras tres tienen códigos. Observe el color e cada una de las muestras y compárelas con la muestra "R" posteriormente indique su respuesta marcando con una "x" donde usted cree que corresponde.							
CÓDIGO	¿Ud. percibe algún color?		¿Ud. reconoce el color?		Color MAS intenso que "R"	Color IGUAL de intenso que "R"	Color MENOS intenso que "R"
	SI	NO	SI	NO			
Sugerencias de mejora.							
¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!							
Responsable: VARGAS MEJILLONES Jenny Silvana							