



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**SECADO DE LA PANOJA DE ATACO *Amaranthus hybridus* L.
PARA LA ELABORACIÓN DE TISANAS CON ALTO CONTENIDO
DE POLIFENOLES TOTALES.**

Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero (a) Agroindustrial

Autora: Benavides Tulcán Jenny Yomaira

Director: Ing. Luis Armando Manosalvas

IBARRA – ECUADOR

2016

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

SECADO DE LA PANOJA DE ATACO *Amaranthus hybridus L.* PARA LA ELABORACIÓN DE TISANAS CON ALTO CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES.

Tesis revisada por los miembros del tribunal, por lo cual se autoriza su presentación
como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO/A AGROINDUSTRIAL

APROBADA:

Ing. Luis Armando Manosalvas



FIRMA

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Nicolás Pinto Mosquera



FIRMA

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Juan Carlos de la Vega



FIRMA

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dra. Lucía Toromoreno



FIRMA

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACION DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401883954
APELLIDOS Y NOMBRES:	Benavides Tulcán Jenny Yomaira
DIRECCIÓN:	San Gabriel, Calle Nicanor Gavilanes
EMAIL:	jennybgm5@gmail.com
TELÉFONO FIJO:	06 2291-807
TELÉFONO MÓVIL:	0989421756
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Secado de la panoja de ataco <i>Amaranthus hybridus l.</i> para la elaboración de tisanas con alto contenido de polifenoles totales.
AUTOR:	Benavides Tulcán Jenny Yomaira
FECHA:	año mes día
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSTGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agroindustrial
ASESOR / DIRECTOR:	Ing. Luis Armando Manosalvas

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

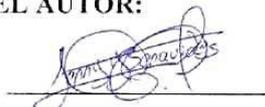
Yo, **Jenny Yomaira Benavides Tulcán**, con cédula de identidad número 040188395-4, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 15 días del mes de Noviembre del 2016

EL AUTOR:

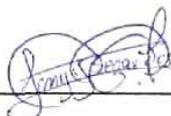


Benavides Tulcán Jenny Yomaira

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A
FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Jenny Yomaira Benavides Tulcán, con cédula de identidad Nro. **040188395-4**, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **SECADO DE LA PANOJA DE ATACO *Amaranthus hybridus L.* PARA LA ELABORACIÓN DE TISANAS CON ALTO CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

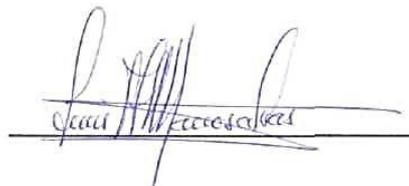
Ibarra, a los 15 días del mes de Noviembre del 2016



Jenny Yomaira Benavides Tulcán

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la señorita Jenny Yomaira Benavides Tulcán, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Luis Armando Manosalvas Quiroz', is written over a horizontal line.

Ing. Luis Armando Manosalvas Quiroz

DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto, es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 15 días del mes de Noviembre del 2016



Jenny Yomaira Benavides Tulcán

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por darme la fortaleza e iluminar mi mente, en especial por darme valor espiritual para seguir creciendo como ser humano.

A mi familia, que gracias a su apoyo pude concluir mi carrera. A mis padres Luis Benavides y Cecilia Tulcán por brindarme su inmenso amor y confianza, apoyarme e impulsarme en cada tropiezo, por brindarme sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mi hermano por estar presente acompañándome y brindarme su apoyo.

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte, a todos los profesores y personal administrativo. De manera especial al Ing. Luis Armando Manosalvas, Director de Tesis, por su ayuda invaluable, apoyo incondicional y desinteresado para la culminación de la presente investigación.

Mi sincero agradecimiento al Ing. Juan de la Vega, Dra. Lucía Toromoreno, Ing. Nicolás Pinto quienes dirigieron y asesoraron de manera desinteresada y oportuna.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CONTENIDO	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
ÍNDICE DE GRÁFICOSxx
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xxiii
ÍNDICE DE ANEXOSxxiv
RESUMEN	xxv
SUMARY	xxvi

CAPÍTULO I..... 1

INTRODUCCIÓN	1
--------------------	---

1.1 PROBLEMA	1
--------------------	---

1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
------------------------	---

1.3 OBJETIVOS.....	3
--------------------	---

1.3.1 <i>Objetivo General.</i>	3
--------------------------------------	---

1.3.2 <i>Objetivos específicos.</i>	3
---	---

1.4 HIPOTESIS	4
---------------------	---

1.4.1 <i>Hipótesis alternativa</i>	4
--	---

1.4.2 <i>Hipótesis nula.</i>	4
------------------------------------	---

CAPÍTULO II 5

METODOLOGÍA 5

2.1 ATACO	5
-----------------	---

2.1.1 <i>Clasificación taxonómica</i>	6
---	---

2.1.2 <i>Glomérulos de ataco</i>	6
--	---

2.1.3 <i>Hojas de ataco</i>	7
-----------------------------------	---

2.1.4	<i>Tallo</i>	7
2.1.5	<i>Composición nutricional</i>	8
2.1.6	<i>Polifenoles</i>	8
2.1.7	<i>Propiedades funcionales y antioxidantes</i>	10
2.2	DENSIDAD	11
2.3	SECADO CONVECTIVO	11
2.3.1	<i>Psicrometría</i>	14
2.3.1.1	<i>Propiedades psicométricas</i>	14
2.3.2	<i>Secador de cabina o bandejas</i>	18
2.3.3	<i>Transferencia de masa</i>	20
2.3.4	<i>Contenido de humedad de un alimento (X)</i>	21
2.3.5	<i>Actividad de agua</i>	22
2.3.6	<i>Curva de secado</i>	24
2.3.7	<i>Mecanismos de secado</i>	26
2.3.8	<i>Proceso de secado</i>	27
2.3.9	<i>Periodos de secado</i>	30
2.3.10	<i>Tiempo total de secado</i>	32
2.3.11	<i>Velocidad de secado</i>	32
2.3.12	<i>Periodo de secado a velocidad constante</i>	33
2.3.13	<i>Periodo de velocidad decreciente</i>	35
2.3.13.1	<i>Teoría Capilar</i>	36
2.3.13.2	<i>Teoría de difusión</i>	37
2.3.14	<i>Preparación de los productos para el secado</i>	40
2.4	REDUCCIÓN DE TAMAÑO	41
2.4.1	<i>Molinos de disco</i>	41

2.4.2	<i>Efecto de la reducción de tamaño sobre las hierbas aromáticas</i>	42
2.5	ENVASADO	42
2.5.1	<i>Celladora de impulso</i>	44
2.6	ALMACENAMIENTO	44
2.7	PREPARACIÓN Y USO DE HIERBAS	44
2.8	INFUSIÓN O TISANA	45
2.9	ADITIVO ALIMENTARIO	46
2.9.1	<i>Aromatizantes y Saborizantes</i>	46
2.10	VIDA ÚTIL	46
CAPÍTULO III	48
METODOLOGÍA	48
3.1	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	48
3.1.1	<i>Ubicación del experimento</i>	49
3.2	MATERIALES	50
3.2.1	<i>Materia prima e insumos</i>	50
3.2.2	<i>Materiales y equipos de laboratorio</i>	50
3.3	MÉTODOS	50
3.3.1	<i>Factores en estudio</i>	51
3.3.2	<i>Tratamientos</i>	51
3.3.3	<i>Diseño experimental</i>	52
3.3.3.1	<i>características del experimento</i>	52
3.3.3.2	<i>características de la unidad experimental</i>	53
3.3.3.3	<i>análisis estadístico</i>	53
3.3.3.4	<i>análisis funcional</i>	53

3.4	VARIABLES EVALUADAS	54
3.4.1.	<i>variables cuantitativas</i>	54
3.4.1.1	Materia prima	54
3.4.1.2	Producto final	54
3.4.2	<i>Variables cualitativas</i>	55
3.4.3	<i>MÉTODOS DE EVALUACIÓN: Variables cuantitativas</i>	55
3.4.5	<i>Análisis de laboratorio</i>	59
3.5	MANEJO DEL EXPERIMENTO	60
3.5.1	<i>Método de procesamiento</i>	60
3.5.2	<i>Diagrama de flujo para la elaboración de tisanas de ataco</i>	61
3.5.3	<i>Descripción del Proceso</i>	62
CAPÍTULO IV		68
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		68
4.1	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	68
4.2	DETERMINACIÓN DE VARIABLES EVALUADAS	69
4.2.1	<i>Métodos de evaluación cuantitativos.</i>	69
4.2.1.1	Análisis físicos	69
4.2.1.2	análisis químico.....	82
4.2.2	<i>Cinética de secado para el t1 (velocidad de secado 2 m/s, densidad de carga 0.600 kg/m² y temperatura de secado 30°C).</i>	89
4.2.2.1	Curva de secado - T1 (A1B1C1).....	90
4.2.2.2	Curva de velocidad de secado - T1 (A1B1C1).....	92
4.2.2.3	Cálculo tiempo total de secado.....	94

4.2.3	<i>Cinética de secado para t2 (velocidad de secado 2 m/s, densidad de carga 0.600 kg/m² y temperatura de secado 40°C).</i>	94
4.2.3.1	Curva de secado - T2 (A1B1C2)	96
4.2.3.2	Curva velocidad de secado - T2 (A1B1C2)	97
4.2.3.3	Cálculo tiempo total de secado	99
4.2.4	<i>Cinética de secado para t3 (velocidad de secado 2 m/s, densidad de carga 1 kg/m² y temperatura de secado 30°C).</i>	99
4.2.4.1	Curva de secado -T3 (A1B2C1)	101
4.2.4.2	Curva de velocidad de secado -T3 (A1B2C1)	102
4.2.4.3	Cálculo tiempo total de secado	104
4.2.5	<i>Cinética de secado para T4 (velocidad de secado 2 m/s, densidad de carga 1 kg/m² y temperatura de secado 40°C).</i>	105
4.2.5.1	Curva de secado - T4 (A1B2C2)	106
4.2.5.2	Curva de velocidad de secado - T4 (A1B2C2)	107
4.2.5.3	Cálculo tiempo total de secado	110
4.2.6	<i>Cinética de secado para t5 (velocidad de secado 4 m/s, densidad de carga 0.600 kg/m² y temperatura de secado 30°C).</i>	110
4.2.6.1	Curva de secado - T5 (A2B1C1)	112
4.2.6.2	Curva de velocidad de secado - T5 (A2B1C1)	113
4.2.6.3	Cálculo tiempo total de secado	115
4.2.7	<i>Cinética de secado para EL T6 (velocidad de secado 4 m/s, densidad de carga 0.600 kg/m² y temperatura de secado 40°C).</i>	116
4.2.7.1	Curva de secado - T6 (A2B1C2)	117
4.2.7.2	Curva de Velocidad de secado para el T6 (A2B1C2)	118
4.2.7.3	Cálculo tiempo total de secado	120

4.2.8	<i>Cinética de secado para T7 (velocidad de secado 4 m/s, densidad de carga 1 kg/m² y temperatura de secado 30°C).</i>	121
4.2.8.1	Curva de secado - T7 (A2B2C1)	122
4.2.8.2	Curva de velocidad de secado - T7 (A2B2C1)	123
4.2.8.3	Cálculo tiempo total de secado	125
4.2.9	<i>Cinética de secado para el T8 (velocidad de secado 4 m/s, densidad de carga 1 kg/m² y temperatura de secado 40°C).</i>	126
4.2.9.1	Curva de secado - T8 (A2B2C2)	127
4.2.9.2	Curva de velocidad de secado para el T8 (A2B2C2)	128
4.2.9.3	Cálculo tiempo total de secado	131
4.2.10	<i>Método de evaluación de las variables cualitativas para la mezcla de hierbas.</i>	131
4.2.10.1	Prueba de comparaciones múltiples	131
4.2.10.2	color	132
4.2.10.3	aroma	134
4.2.10.4	sabor	136
4.2.10.5	aceptabilidad	138
4.3	BALANCE DE MATERIALES PARA EL MEJOR TRATAMIENTO T7 (A2B2C1)	140
4.4	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL MEJOR TRATAMIENTO	141
4.5	RENDIMIENTO DEL MEJOR TRATAMIENTO	141
	CAPÍTULO V	142
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	142
5.1	CONCLUSIONES	142

5.2. RECOMENDACIONES	143
CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA	144
CAPÍTULO VII ANEXOS.....	152

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura de algunos fenoles ácidos.....	9
Figura 2: Ejemplo- Flavona	9
Figura 3. Diagrama deshidratador de bandejas	19
Figura 4: Degradación en función de la actividad de agua	24
Figura 5: Curva de secado de materiales húmedos	25
Figura 6: Variación del peso del producto en un proceso de secado	27
Figura 7: Proceso básico de secado.....	29
Figura 8: Periodos de secado	30
Figura 9: Periodo de velocidad constante	31
Figura 10: Curva de secado y velocidad de secado	32
Figura 11: Transmisión de calor y material de secado	33
Figura 12: El movimiento del agua durante el secado de un material poroso.	34
Figura 13: Periodos de velocidad decreciente.....	35
Figura 14: Mecanismo de difusión superficial y transporte de vapor de agua	38
Figura 15: Diagrama de bloque de obtención de tisana de panoja de ataco	60

Figura 16: Diagrama de flujo para la obtención de tisanas de ataco	61
Figura 17: Diagrama de bloques del mejor tratamiento	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición nutricional panoja de ataco.....	8
Tabla 2: Condiciones ambientales de la Ciudad de Ibarra.....	48
Tabla 3: Condiciones ambientales de la Ciudad de Quito	49
Tabla 4: Condiciones ambientales de la Ciudad de San Gabriel	49
Tabla 5: Materia prima e insumos	50
Tabla 6: Materiales y equipos de laboratorio	50
Tabla 7: Tratamientos.	52
Tabla 8: Características del experimento.....	52
Tabla 9: Análisis de la varianza.....	53
Tabla 10: Variables cuantitativas a evaluar de la materia prima	54
Tabla 11: Variables cuantitativas a evaluar del producto final.....	54
Tabla 12: Variables cualitativas a evaluarse.....	55
Tabla 13: Mezcla de hierbas aromáticas.....	67
Tabla 14: Análisis proximal de la panoja de Ataco	69
Tabla 15: Densidad verdadera (kg/m^3) de la tisana de panoja de ataco	70
Tabla 16: Densidad aparente (kg/m^3) de la tisana de panoja de ataco	71

Tabla 17: Actividad de agua (a_w) de la tisana de panoja de ataco	73
Tabla 18: Humedad (%) de la tisana de panoja de ataco	75
Tabla 19: Rendimiento (%) de la tisana de panoja de ataco	77
Tabla 20: Análisis de la varianza	77
Tabla 21: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos: Rendimiento.....	78
Tabla 22: Prueba Diferencia Mínima Significativa para el Factor A (velocidad de secado).....	79
Tabla 23: Prueba Diferencia Mínima Significativa para el Factor B (densidad de carga)	79
Tabla 24: Prueba DMS para el Factor C (temperatura de secado).....	79
Tabla 25: Cenizas totales (%) de las tisanas de panoja de ataco.....	82
Tabla 26: Polifenoles totales (mg/g) de la tisana de panoja de ataco	84
Tabla 27: Análisis de la varianza	84
Tabla 28: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos: Polifenoles Totales.....	86
Tabla 29: Prueba DMS para el Factor A (velocidad de secado).....	86
Tabla 30: Prueba DMS para el Factor B (densidad de carga).....	86
Tabla 31: Prueba DMS para el Factor C (temperatura de secado).....	87
Tabla 32: Comportamiento de la humedad y velocidad de secado para el tratamiento T1 (A1B1C1).	89
Tabla 33: Comportamiento de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T2 (A1B1C2).	95

Tabla 34: Comportamiento de la humedad y velocidad de secado para el tratamiento T3 (A1B2C1).....	100
Tabla 35: Comportamiento de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T4 (A1B2C2).....	105
Tabla 36: Comportamiento de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T5 (A2B1C1).....	111
Tabla 37: valor de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T6 (A2B1C2).....	116
Tabla 38: Comportamiento de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T7 (A2B2C1).....	121
Tabla 39: Comportamiento de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T8 (A2B2C2).....	126
Tabla 40: Evaluación sensorial de color.....	133
Tabla 41: Resultados del cálculo en la variable color.....	133
Tabla 42. Evaluación sensorial de aroma.....	135
Tabla 43: Resultados del cálculo en la variable aroma.....	135
Tabla 44: Evaluación Sensorial Del Sabor.....	136
Tabla 45: Resultados del cálculo en la variable sabor.....	137
Tabla 46: Escala de Aceptabilidad Para los Consumidores.....	138
Tabla 47: Resultados del cálculo en la variable de aceptabilidad.....	138
Tabla 48: Análisis microbiológico.....	141
Tabla 49: Condiciones del aire de secado.....	152

Tabla 50: Propiedades psicométricas del aire	153
Tabla 51: Propiedades psicométricas del aire	155
Tabla 52: Propiedades psicométricas del aire	156

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Representación gráfica de la variable densidad verdadera (kg/m^3) de tisanas de panoja de ataco.....	70
Gráfico 2: Representación gráfica de la variable densidad aparente (kg/m^3) de tisanas de panoja de ataco	72
Gráfico 3: Representación gráfica de la variable actividad de agua (a_w) de tisanas de panoja de ataco	74
Gráfico 4: Representación gráfica de la variable humedad final (%) de tisanas de panoja de ataco	76
Gráfico 5: Interacción de los factores A (Velocidad de secado) y C (Temperatura de secado) en la variable rendimiento para las tisanas de panoja de ataco	80
Gráfico 6: Interacción de los factores B (Densidad de carga) y C (Temperatura de secado) en la variable rendimiento para las tisanas de panoja de ataco	80
Gráfico 7: Representación gráfica de la variable rendimiento (%) de tisanas de panoja de ataco.....	81
Gráfico 8: Representación gráfica de la variable cenizas (%) de tisanas de panoja de ataco.....	83

Gráfico 9: Interacción de los factores C (Temperatura de secado) y B (Densidad de carga) en la variable polifenoles totales para las tisanas de panoja de ataco	87
Gráfico 10: Interacción de los factores A (Velocidad de secado) y C (Temperatura de secado) en la variable polifenoles totales para las tisanas de panoja de ataco	88
Gráfico 11: Representación gráfica de la variable Polifenoles totales (mg/g) de tisanas de panoja de ataco	88
Gráfico 12: Curva de secado T1 (A1B1C1).	91
Gráfico 13: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T1 (A1B1C1)	92
Gráfico 14: Mecanismo de eliminación de humedad	93
Gráfico 15: Curva de secado T2 (A1B1C2).	96
Gráfico 16: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T2 (A1B1C2)	97
Gráfico 17: Mecanismo de eliminación de humedad	98
Gráfico 18: Curva de secado T3 (A1B2C1).	101
Gráfico 19: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T3 (A1B2C1)	102
Gráfico 20: Mecanismo de eliminación de humedad	104
Gráfico 21: Curva de secado T4 (A1B2C2).	106
Gráfico 22: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T4 (A1B2C2)	108
Gráfico 23: Mecanismo de eliminación de humedad	109
Gráfico 24: Curva de secado T5 (A2B1C1).	112
Gráfico 25: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T5 (A2B1C1)	113
Gráfico 26: Mecanismo de eliminación de humedad	115

Gráfico 27: Curva de secado T6 (A2B1C2).....	117
Gráfico 28: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T6 (A2B1C2)	118
Gráfico 29: Mecanismo de eliminación de humedad.....	120
Gráfico 30: Curva de secado T7 (A2B2C1).....	122
Gráfico 31: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T7 (A2B2C1)	124
Gráfico 32: Mecanismo de eliminación de humedad.....	125
Gráfico 33: Curva de secado T8 (A2B2C2).....	127
Gráfico 34: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T8 (A2B2C8)	129
Gráfico 35: Mecanismo de eliminación de humedad.....	130
Gráfico 36: Valoración de color.....	133
Gráfico 37: Valoración de aroma.....	135
Gráfico 38: Valoración de sabor	137
Gráfico 39: Valoración de aceptabilidad	139
Gráfico 40: Carta psicométricas del aire Ciudad de Ibarra.....	153
Gráfico 41: Características del secador de bandejas.....	154
Gráfico 42: Propiedades del aire de secado a 30°C	154
Gráfico 43: Propiedades del aire de secado a 40°C Temperatura ambiente	155

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Ataco	5
Fotografía 2: Recolección de planta de Ataco	62
Fotografía 3: Recepción.....	62
Fotografía 4:Selección	63
Fotografía 5: Pesaje 1	63
Fotografía 6: Lavado.....	64
Fotografía 7: Desinfección	64
Fotografía 8: Pre secado	65
Fotografía 9: Pesaje 2	65
Fotografía 10: Secado	66
Fotografía 11: Molturación.....	66
Fotografía 12: Pesaje 3	66
Fotografía 13: Envasado	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Caracterización de las condiciones ambientales del aire de secado y del secador de bandejas	152
Anexo 2: Calculo de humedad en base seca para panoja de ataco deshidratado	156
Anexo 3: Cantidad de calor transferido del aire al producto	157
Anexo 4: Costos de producción a nivel de laboratorio	158
Anexo 5: Costos de producción para una cajita de 10 tisanas	159
Anexo 6: Descripción del equipo de deshidratación.....	160
Anexo 7: Características técnicas y estructura del deshidratador	162
Anexo 8: Método de análisis de Polifenoles	162
Anexo 9: Norma técnica ecuatoriana 2392	165
Anexo 10: Reglamento técnico ecuatoriano 068	170
Anexo 11: Norma técnica ecuatoriana 1117	183
Anexo 12: Comisión del Codex Alimentarius	188
Anexo 13: Evaluación sensorial para tisanas de ataco y mezcla con otras hierbas aromáticas.....	192
Anexo 14:Análisis físico químicos	194
Anexo 15: Análisis microbiológico	195
Anexo 16: Análisis de Polifenoles totales	196

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en los laboratorios de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica del Norte, en la ciudad de Ibarra Ecuador. El objetivo estuvo enfocado, en evaluar los diferentes parámetros del proceso de secado en la panoja de ataco *Amaranthus hybridus l.* sobre el contenido de polifenoles totales, con tres factores de estudio, como son: velocidad de aire, densidad de carga y temperatura de secado.

El modelo estadístico utilizado en la investigación fue el diseño completamente al azar, con arreglo factorial AxBxC con ocho tratamientos y tres repeticiones, dando un total de 24 unidades experimentales con pesos de 0,600 kg y 1 kg por unidad. En el análisis funcional se empleó la prueba de Tukey ($\alpha < 0.05$) para tratamientos y Diferencia Media Significativa (DMS) ($\alpha < 0.05$) para factores. Las variables cuantitativas evaluadas fueron: peso final, actividad de agua, humedad, densidad real, densidad aparente, contenido de cenizas, rendimiento y contenido de polifenoles totales. Mientras, las variables cualitativas evaluadas fueron: color, aroma, sabor y aceptabilidad.

Los factores temperatura y velocidad de aire no tuvieron un efecto significativo. Mientras la densidad de carga (0,600 y 1Kg/m²) tuvo mayor efecto sobre la disminución del contenido de polifenoles totales. El tratamiento T7 (velocidad de aire 4 m/s, densidad de carga 1 kg/m² y temperatura de secado 30°C), fue el mejor, ya que, conservó el mayor contenido de polifenoles totales.

ABSTRACT

This investigation was developed in the Agro Industrial Engineering Laboratories, at the Tecnica del Norte University, in Ibarra city, Ecuador. The objective was focused on evaluating the different parameters of the drying process in the panicle of Ataco Amaranthus hybridus I, about total polyphenol content, with three study factors, such as: air speed, load density and temperature of drying.

The statistical model used in the investigation was the completely randomized design, factorial arrangement AxBxC with eight treatments and three repetitions, giving a total of 24 experimental units with weights of 0.60 kg and 1 kg per unit. In functional analysis was used the Tukey test ($\alpha < 0.05$) for treatments and Media Significant Difference (MSD) ($\alpha < 0.05$) for factors. Quantitative variables evaluated were: final weight, water activity, moisture, particle density, bulk density, ash content, yield and total polyphenol content. While the qualitative variables were evaluated: color, aroma, taste and acceptability.

The factors with temperatures and air speed did not assume a significant effect while the charge density (0.6 and 1 kg / m²) obtained a greater effect on decreasing the total polyphenol content. The T7 treatment (air speed 4 m / s, charge density 1 kg / m² and drying temperature 30 ° C) was the best, since it retained the highest total polyphenol content.

Palabras claves: Polifenoles totales, antioxidantes, curvas de secado, velocidad de secado, infusión, humedad, actividad de agua saborizantes, hierbas aromáticas.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMA

El interés creciente que despiertan los polifenoles se debe a diversos factores, entre ellos su actividad antioxidante. Es común encontrar estos compuestos en frutas, verduras y otras fuentes de alimentos, como en el caso de la panoja de ataco (agrupación de inflorescencias amarantiformes o glomerulares) producto andino.

El aprovechamiento agroindustrial de un producto de consumo ancestral tradicional como la panoja de ataco no ha sido promovido debido a muchos factores, como el desconocimiento de sus propiedades funcionales; las cuales eran utilizadas por los ancestros para tratar algunas de las enfermedades más comunes.

Las infusiones más comunes y conocidas no son medicamentos propiamente dichos, sino que se usan para impartir sabor, aroma y bienestar a los consumidores, aunque algunas pueden suministrar propiedades beneficiosas para la salud. Peralta et al. (2008). El problema también radica en el desconocimiento de los procedimientos para el secado, la escasa difusión de su consumo, el alto costo del procesamiento y otros factores relacionados, por lo cual se ve necesario realizar una investigación acerca de un posible procesamiento de materias primas (ataco) para la obtención de tisanas, que no disminuya la calidad nutricional tras ser procesado para de este modo obtener un producto rico nutricionalmente.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La época actual se caracteriza por las constantes y cada vez más rápidas transformaciones en el marco de la globalización económica mundial en el sector alimenticio. Por lo tanto, se considera de importancia la innovación tecnológica en productos como el ataco (*Amaranthus hybridus l*) producto andino cuya producción y comercialización ha disminuido debido al desconocimiento del contenido de propiedades. Además se vio importante estudiar la industrialización de la panoja, debido a que es estratégica para la alimentación ya que tiene una gran riqueza de polifenoles y otros compuestos nutricionales de gran importancia.

El cultivo de ataco puede potencializar hacia un desarrollo agronómico e industrial que genere ingresos económicos, ya que en mercados su comercialización es escasa. Así, la búsqueda de nuevas alternativas de ingresos conlleva a encontrar una tecnología sencilla de bajo costo al alcance de la pequeña industria para la transformación de la panoja de ataco en tisanas, brindando características de alta aceptabilidad para el consumidor generando un producto de calidad con gran aporte de propiedades funcionales para la dieta diaria.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el efecto del proceso de secado de la panoja de ataco *Amaranthus hybridus l.* sobre el contenido de polifenoles totales.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar las características físico-químicas, microbiológicas y principios funcionales (polifenoles) de la materia prima y producto terminado.
- Evaluar los parámetros de secado (velocidad de aire, densidad de carga y temperatura de secado) sobre el contenido de polifenoles totales.
- Evaluar la aceptabilidad sensorial de las tisanas, mediante la adición de saborizantes.

1.4 HIPOTESIS

1.4.1 HIPÓTESIS ALTERNATIVA.

Hi: La temperatura, velocidad de aire y densidad de carga, influyen directamente en la calidad del producto seco.

1.4.2 HIPÓTESIS NULA.

Ho: La temperatura, velocidad de aire y densidad de carga, no influyen directamente en la calidad del producto seco.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 ATACO

Mapez Sanches & Espitia Rangel (2010) mencionan que el Ataco, Sangorache o Amaranto Negro, también llamado en quechua Kiwicha; es originario de Sudamérica, predominantemente del Ecuador en donde es utilizada como colorante. Se cree que esta variedad es producto de la hibridación de formas silvestres y cultivadas.

El Ataco o Sangorache es una planta anual, de tipo arbustivo herbáceo, erecta, poco ramificada de color verde al inicio del crecimiento y morado o púrpura al llegar a su estado madurez, sin embargo, esta planta puede desarrollarse de mejor manera en suelos fértiles, además, en algunos casos supera los 2 metros de altura.



Fotografía 1: Ataco

2.1.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino:	Plantae (Vegetal)
Sub-Reyno:	Antofina (Fanerógamas)
División:	Spermatofhyta (espermatofitaa)
Subdivisión:	Angiospermas
Clase:	Dicotiledónea
Orden:	Centrospermales
Familia:	Amarantaceae
Género:	Amaranthus
Especie:	Sp.
Nombre Científico:	<i>Amaranthus sp</i>
Nombre Vulgar:	Ataco, Sangoche o Quinoa de Castilla
	Peralta et al. (2008).

2.1.2 GLOMÉRULOS DE ATACO

Un glomérulo es la unidad básica de la inflorescencia, en la cual la primera flor se encuentra en el final de una ramificación y en la base se desarrollan dos ramas secundarias, la segunda y tercera flor. Sin embargo, ambas flores son terminales en las ramificaciones secundarias y en su base se desarrollan las siguientes dos flores y este proceso continúa hasta que la planta madura. Además, un glomérulo puede tener hasta 250 flores femeninas. (Mapez Sanches & Espitia Rangel 2010)

Por lo tanto, las flores femeninas se agrupan y forman la panoja, el largo de la panoja de ataco una vez madura puede llegar hasta los 50cm, además, los glomérulos del ataco posee agentes activos que ayudan en la prevención de problemas cardiovasculares, prevención de problemas crónicos e inhiben la iniciación y progresión de tumores, también, actúan como acción protectora del efecto dañino de los radicales libres.

2.1.3 HOJAS DE ATACO

Peralta et al. (2008) señalan que, las hojas son simples, alternas u opuestas, pecioladas, con bordes levemente ondulados, de tamaño variable entre 3 y 15 cm de largo y de 1,5 a 10 cm de ancho, de forma ovalada con extremos subagudos, verdes en épocas tempranas del crecimiento y morada o púrpuras a la madurez de la planta, con nervaduras prominentes, mientras Bonilla Bonilla & Garcia Lanchimba (2009) en su trabajo de grado dice que “ancestralmente las hojas tienen uso medicinal, tales como: desmayos, ataques, nervios.”

2.1.4 TALLO

Peralta et al. (2008) dicen que “el tallo es de forma cilíndrica, con ángulos y estrías gruesas longitudinales, de color morado o púrpura. Sin embargo, depende de la densidad de siembra y la fertilidad de los suelos, en efecto, el diámetro en su base puede medir hasta 4 cm y su altura puede llegar hasta 2 m”.

Dolores, Romo de Soto (2012) en su investigación expone que “la cantidad de polifenoles en una planta depende de factores como la especie a cultivar, técnica y condiciones de cultivo, estado de maduración, así como de las condiciones de proceso y almacenamiento”.

2.1.5 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

Tabla 1: Composición nutricional panoja de ataco

Humedad (%)	74,57
Proteína (%)	11,76
Fibra (%)	20,32
Cenizas (%)	11,06
E.E. (%)	1,56
E.L.N (%)	55,30
Polifenoles Totales mg/g	17,15
Sodio (%)	0,04
Calcio (%)	1,46
Hierro (ppm)	242,00
Potasio (%)	5,15
Fósforo (%)	0,65
Magnesio (%)	0,51
Cobre (ppm)	12,00
Manganeso (ppm)	74,00
Zinc (ppm)	74,00

2.1.6 POLIFENOLES

Los polifenoles son compuestos bio-sintetizados por el género *Amaranthus* y otros (sus frutos, hojas, tallos, raíces, semillas u otras partes). Por otra parte, la fuente de antioxidantes se muestra en diferentes frutas, verduras, en determinadas bebidas y en ciertas infusiones, así que, la naturaleza y propiedades de los polifenoles varían entre un alimento y otro y en una misma planta de un tejido a otro.

Drago Serrano, López López, & Sainz Espuñes (2006) mencionan que las sustancias fenólicas o polifenoles constituyen un grupo numeroso de sustancias que incluyen familias de compuestos con estructuras diversas e indican en términos generales que los fenoles

ácidos se caracterizan por tener un anillo aromático central como en el caso del ácido cinámico y otros derivados, mientras, Quiñones, M, & A (2012) en su revista menciona que existe varias clases y subclases de polifenoles que se definen en función del número de anillos fenólicos que poseen y de los elementos estructurales que presentan estos anillos, los principales grupos son: ácidos fenólicos (derivados del ácido hidroxibenzoico o del ácido hidroxicinámico), estilbenos, lignanos, alcoholes fenólicos y flavonoides.

En los alimentos proporcionan el flavor (sabor amargo y aroma), color y textura (astringente) a varias frutas y verduras La estabilidad de los compuestos fenólicos es muy sensible y depende directamente de factores como la estructura química, temperatura, actividad de agua, ácido ascórbico, entre otros

Según Gil Quintero, (2012) en los polifenoles de las plantas se pueden encontrar moléculas simples como ácidos fenólicos, fenilpropanoides y flavonoides o compuestos polimerizados como ligninas, melaninas y taninos. Sin embargo, los flavonoides constituyen uno de los grupos fenólicos más numerosos e importantes (figura 1).

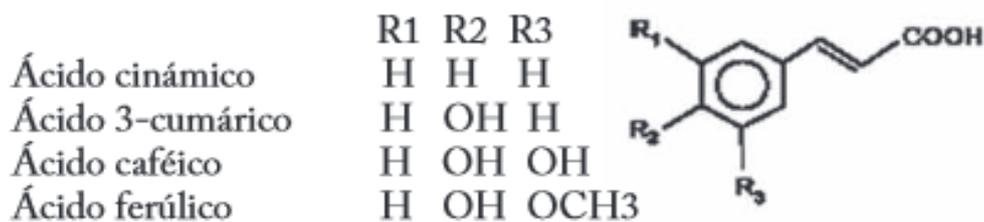


Figura 1: Estructura de algunos fenoles ácidos

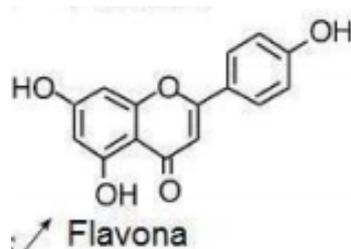


Figura 2: Ejemplo- Flavona

Drago Serrano, López López, & Sainz Espuñes (2006) mencionan que los flavonoides son los compuestos polifenólicos mejor estudiados que se caracterizan por tener una estructura de tres anillos formada de dos centros aromáticos, además, presenta un heterociclo central oxigenado, por otra parte, dentro de los flavonoides se incluyen a las flavonas, flavanonas, catequinas y antocianinas, mientras que Valls (2015) señala que hoy en día se conocen más de 5000 flavonoides diferentes.

Muchos polifenoles tienen propiedades captadoras de radicales libres, lo cual concede la actividad antioxidante, estudios epidemiológicos sugieren que los antioxidantes en la dieta diaria pueden tener un efecto benéfico en muchas enfermedades relacionadas con el envejecimiento, neurodegenerativas, problemas cardiovasculares, y prevenir algunos tipos de cáncer, por lo tanto, la ingesta de alimentos con propiedades antioxidantes es de importancia para mejorar la calidad de vida. Mientras, Barradre, González, Sulbarán, & Fernánd (2013) mencionan que “Las propiedades antioxidantes que presentan los polifenoles son de gran interés en la industria de alimentos por ser útiles como preservantes y mucho más si provienen de una fuente natural y económica”.

2.1.7 PROPIEDADES FUNCIONALES Y ANTIOXIDANTES

La planta entera en infusión se usa para controlar los nervios y como purga para las personas que tienen muchos granos y espinillas, ayuda a limpiar la sangre, sin embargo, el ataco forma parte de las llamadas hierbas de purgas que sirve para la limpieza del sistema digestivo, además, la infusión de las hojas y panoja sirve para aliviar molestias de riñones, diarrea, irritaciones en la boca, garganta, cólicos menstruales.

“Las flores del ataco son aprovechadas como materia prima para la preparación de tisanas medicinales debido a su riqueza en polifenoles y otros compuestos bioactivos.” Marin, Gomez, et.al (2014), indican que la flor y las hojas se usan como colorantes en la preparación de colada morada en tiempo de difuntos, para mermelada y como aditivo para la preparación de embutido de cerdo (morcillas), en la región austro del Ecuador se prepara los famosos “dranquesitos” bebida alcohólica que incluye la infusión de ataco a la que se añade

aguardiente. “Es importante recalcar, que los alimentos funcionales promueven la salud, sin embargo, no curan las enfermedades” (Páez, 2013).

2.2 DENSIDAD

(Singh & Heldman, 2014) señala que la densidad de un material se define como la masa por la unidad de volumen. Sus unidades en el sistema internacional son kg/m^3 , además, distingue diferentes formas de densidad que se usan en cálculos de proceso:

Densidad verdadera: Es la que se calcula a partir de las densidades de los componentes de un material, suponiendo conservación de la masa y el volumen (d_v).

Densidad sustancia: La que se mide cuando un material se ha pulverizado de tal forma que no hay poros en su interior (d_s)

Densidad de partícula: La de una muestra que no ha sido modificada estructuralmente por lo que incluye el volumen de todos los poros cerrados mas no la de los poros que tienen conexiones externas (d_p).

Densidad aparente: Es la densidad de una sustancia cuando se incluye el volumen de todos sus poros (d_A).

2.3 SECADO CONVECTIVO

Una de las primeras operaciones posteriores a la cosecha destinadas a mantener la calidad de los productos agrícolas, es el proceso de secado el cual consiste en la remoción parcial del agua libre contenida en estos productos hasta que llega a un contenido de agua que permite el almacenamiento por mucho tiempo, sin que ocurra el deterioro de los productos. (Aspurz Tabar, 2011)

El secado es un método de conservación que, al eliminar la totalidad del agua libre de un alimento, impide el crecimiento de toda actividad microbiana y reduce la actividad enzimática. Además, existen diferentes calificativos para este sistema de conservación, tales como: desecación, secado y deshidratación, que pueden considerarse como sinónimos de un sólido, lo que describe regularmente a la separación parcial o total del líquido presente en el producto por medios térmicos.

No obstante, Castells, (2012) indica que la deshidratación desde el punto de vista técnico se emplea el término de secado para mencionar a la operación como la pérdida de agua por medio de calor. Mientras, Amores Vizquete (2011) considera que la conservación de alimentos permite prolongar la vida útil de las frutas, plantas y así acceder a mercados más distantes. También, los alimentos deshidratados mantienen gran proporción de su valor nutritivo original si el proceso se realiza en forma adecuada.

Sin embargo, el objetivo principal de los procesos de conservación basados en la reducción del contenido de agua, como el secado es prolongar la vida útil de los alimentos. Además, la eliminación del agua permite disminuir considerablemente el peso y volumen de los mismos, lo cual consigue un ahorro importante de costos de almacenamiento y transporte.

Tanto como, Castells (2012) y Sharapin (2000) coinciden en que el principio básico en el cual se fundamenta el secado son los niveles bajos de humedad, donde se interrumpe los procesos de degradación causados por enzimas o fermentos, además, impide el desarrollo de microorganismos, las reacciones de oxidación y de hidrólisis. Sin embargo, como este proceso involucra calor, pueden presentarse pérdidas de aceites esenciales y de sustancias volátiles, así como el riesgo de degradación de algunas sustancias termolábiles. Por lo tanto, la mayoría de las plantas medicinales pueden ser secas a temperaturas que varían entre 30 y 60° C y las plantas que poseen aceites esenciales o sustancias volátiles se deben secar a temperaturas inferiores a 40°C.

Según Tovilla Morales & Sandoval Torres (2015) el secado por aire caliente es considerado un proceso simultáneo de transferencia de calor y masa, donde el agua se transfiere por

difusión, capilaridad y convección, de acuerdo con los gradientes de humedad y temperatura entre el alimento y el aire de secado respectivamente, desde el interior del alimento a la interfase aire-alimento y desde ésta a la corriente de aire por convección.

Uno de los propósitos principales de la deshidratación de la planta de ataco (*Amaranthus hybridus* L.) es la conservación y disminución de pérdidas de compuestos nutricionales y polifenoles totales que contiene la planta, a la vez se encuentra enfocado a la disminución de peso, volumen, ahorro en costos de producción, transporte, empaque y almacenamiento del producto final para convertirse en un producto de fácil utilización y saludable para los consumidores.

En la actualidad la mayor parte de los productos deshidratados, particularmente frutas, hierbas y hortalizas, se obtienen por medio de la técnica de secado por convección que es la más simple y la más económica. Además, se han diseñado y comercializado diferentes tipos de secaderos basados en este principio; con este método, los gases calientes se ponen en contacto con el material húmedo a secar para facilitar la transferencia de calor y de masa, también, se les llama secaderos directos o por convección. En general el calor requerido para evaporar el agua del producto es suministrado por aire caliente en contacto de manera directa con el material que se va a deshidratar, desarrollando una transferencia de calor por convección.

Maupoey et al. (2001), indica que en los secadores convectivos, el aire caliente es impulsado a través del secador por medio de ventiladores”. Mientras Contreras (2006) dice que “el calor se transfiere al alimento mediante una corriente de aire caliente, que además de transmitir el calor necesario para la evaporación del agua, es el agente transportador del vapor de agua que se elimina del alimento.

Además, el aire caliente producido por calentamiento directo es el medio de secado más común, aunque para algunas aplicaciones especiales se ha demostrado recientemente que el vapor de agua sobrecalentado puede producir una mayor eficiencia y a menudo más alta calidad del producto. Por lo tanto, Contreras (2006) concluyó que los procesos dependerán

de las variables inherentes al aire de secado (temperatura, velocidad el secado por convección es un proceso lento, como consecuencia los mecanismos de transferencia de calor y de materia durante másica, humedad, características del flujo, etc.) y al producto (humedad, forma, estructura, etc.)

2.3.1 PSICROMETRÍA

La psicrometría se define como la medición del contenido de humedad del aire, la determinación de las propiedades termodinámicas del aire húmedo, y el efecto de la humedad atmosférica sobre los materiales. Además, el conocimiento de procedimientos que utilicen cálculos con propiedades psicrométricas es de utilidad para el análisis de almacenamiento y procesamiento de alimentos.

El conocimiento de los procedimientos utilizados en los cálculos que incluyen propiedades psicrométricas será útil en el diseño y análisis de diferentes sistemas de almacenamiento y procesado de alimentos. Asimismo, resulta imprescindible conocer las propiedades de las mezclas aire-vapor de agua en el diseño de sistemas tales como equipos de aire acondicionado para conservar alimentos frescos, secaderos y torres de enfriamiento en plantas de procesado de alimentos. (Ibarz & Barbosa Cánovas, 2014)

El secado con aire caliente implica humidificación y enfriamiento del aire en un (adiabática) secador bien aislado. Por lo tanto, se requieren propiedades higrotérmicas de aire húmedo para los cálculos de diseño de tales secadores. (Sachin, Chung, & Arun, 2010)

2.3.1.1 Propiedades psicrométricas

Las propiedades psicrométricas son aquellas determinadas aire – vapor de agua en base a la presión (Singh & Heldman, 2014):

Temperatura de bulbo seco (Tbs): Temperatura aire ambiente (aire seco más vapor de agua), es la temperatura mostrada por un indicador de temperatura invariable. Dicha temperatura contrasta con la temperatura de bulbo húmedo donde el indicador se mantiene cubierto por una capa de agua. Siempre que se indique la temperatura sin ningún sufijo se entenderá que corresponde a la temperatura de bulbo seco, se mide mediante un termómetro.

Temperatura de bulbo húmedo (Tbh): Cuando se describe la mezcla aire-vapor se utiliza generalmente dos temperaturas de bulbo húmedo: la temperatura de bulbo húmedo psicrométrica y la temperatura de bulbo húmedo termodinámica. Para el aire húmedo, los valores de ambas son aproximadamente iguales, aunque en otros sistemas gas-vapor las diferencias pueden ser importantes.

La temperatura de bulbo húmedo psicrométrica es la que se alcanza cuando el bulbo de un termómetro de mercurio cubierto con un paño húmedo se expone a una corriente de aire sin saturar que fluye a elevadas velocidades (alrededor de 5 m/s). O también, el termómetro con el bulbo cubierto con un paño húmedo puede moverse en el seno de aire sin saturar. Cuando el paño se expone a aire sin saturar, parte del agua se evapora debido a que la presión de vapor de paño húmedo saturado es mayor que la del aire sin saturar.

Temperatura punto de rocío (Pr): Temperatura a la cual el vapor del agua presente en el aire comienza a condensarse.

El vapor de agua presente en el aire puede considerarse como vapor a baja presión. El aire se encontrará saturado cuando su temperatura sea la de saturación correspondiente a la presión parcial ejercida por el vapor de agua. Dicha temperatura del aire se denomina temperatura (o punto) de rocío. El concepto de punto de rocío se expresa así: cuando una mezcla aire-vapor se enfría a presión y relación de humedad constantes se alcanza una temperatura en la que la mezcla se satura, y por debajo de la cual se produce condensación de la humedad. La temperatura a la que comienza la condensación es la que se denomina temperatura de rocío.

Volumen específico (Ve): Es el volumen que ocupa 1 kg de aire seco más el del vapor de agua presente. Las unidades en que se mide son metro cúbico por kilogramo de aire seco (m³/kg)

$$Ve = \frac{1}{d} \text{ m}^3/\text{kg}$$

Donde:

d= densidad

Debido a que la mayoría de los cálculos en trabajos de aire acondicionado, se basan en el peso del aire en lugar del volumen de aire, se recomienda el uso del volumen específico (m³/kg de aire) en vez de la densidad (kg/m³ de aire).

Humedad Absoluta (Xa): Cantidad de agua en peso que tiene en un volumen de aire expresada en gramos por kilogramo de aire seco en metros cúbicos.

$$Xa = \frac{m}{V} \text{ Kg/m}^3 \text{ de la mezcla}$$

Donde:

Xa= humedad absoluta

m= peso en kilogramos de aire seco.

V= volumen en metros cúbicos.

Humedad específica (Xe): es el peso de agua expresado en kilogramos de agua por kilogramos de aire seco.

$$Xe = \frac{m}{m_{ss}} \text{ Kg de vapor/ kg de aire seco}$$

Donde:

m= peso de agua (kg de vapor)

mss= peso de aire seco (kg de aire seco)

Humedad relativa (HR): Es la relación entre la presión de vapor de agua del aire y la presión de vapor del aire saturado a la temperatura en base seca.

$$HR = \frac{dv}{ds} \times 100$$

Donde:

dv= es la densidad del vapor de agua en el aire (kg/m³) y

ds = densidad del vapor de agua saturado a la temperatura de bulbo seco del aire (kg/m³).

Tal como su propio nombre indica, la humedad relativa no es una medida absoluta de la humedad presente en el aire, es una medida de la cantidad de agua presente en el aire en relación con la máxima cantidad que puede existir en el aire saturado a esa temperatura (de bulbo seco). Dado que la máxima cantidad posible de agua en el aire se incrementa al aumentar la temperatura es necesario indicar dicha temperatura siempre que se exprese la humedad relativa.

Entalpía (H): La entalpía o contenido energético del aire seco es un término relativo que necesita la elección de un punto de referencia. En los cálculos psicrométricos la presión de referencia es la atmosférica y la temperatura de referencia es 0°C. Utilizando la presión atmosférica como referencia es posible utilizar la siguiente ecuación para calcular la entalpía específica:

$$H = 1,005(Ta - To)$$

Donde:

H = Entalpia del aire seco (kJ/kg)

Ta = temperatura de bulbo seco (°C) y

To = temperatura de referencia, generalmente 0°C.

Presión de vapor (Pv): Presión parcial ejercida por el vapor de agua contenido en el ambiente.

Calor húmedo: (Cs) Se define como la cantidad de calor (KJ) que es necesario aplicar para aumentar 1 K la temperatura de 1 kg de aire seco más la de vapor de agua presente en el mismo. Se toma en cuenta el calor específico del aire seco 1,005 KJ (kg de aire seco °K) y la del agua 1.88 KJ (kg de agua °K), por lo tanto:

$$Cs = 1,005 + 1,88 X$$

Donde:

Cs = calor húmedo del aire húmedo KJ (kg de aire seco))

X = humedad (kg de agua/ kg de aire seco)

2.3.2 SECADOR DE CABINA O BANDEJAS.

El deshidratador de cabina o bandejas está formado por una cámara metálica rectangular (armario), en cuyo interior se disponen separaciones fijas donde se colocan cierto número de bandejas poco profundas, montadas unas sobre otras con una separación conveniente, en las cuales se coloca el producto a secar. El ventilador colocado en la parte inferior hace circular el aire por los calentadores y después entre las bandejas, con la ayuda de unos deflectores.

Casp Vanaclocha & Abril Renquena (2008) señalan que la velocidad de aire entre las bandejas varía con el tipo de producto, oscilando normalmente entre 1 y 10 m/s. Cuando las características del material y su manejo lo permiten, se utilizan bandejas perforadas, en donde el aire circula a través de la capa de los sólidos, por lo tanto, se consigue incrementar la superficie del producto expuesta a la acción del aire y disminuir así el tiempo de secado.

Además, se utiliza bandejas perforadas para incrementar la circulación del aire sobre el producto dentro del secador (figura 3), a una velocidad relativamente baja para conservar los componentes volátiles presentes en el producto.

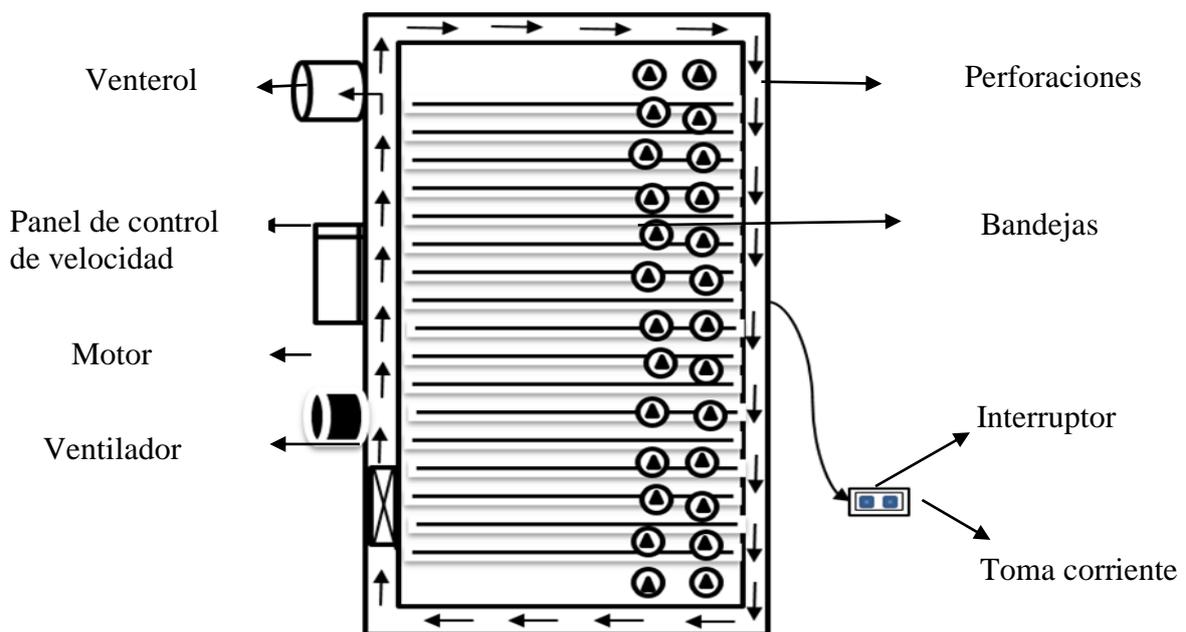


Figura 3. Diagrama deshidratador de bandejas

Ibarz & Barbosa Cánovas, 2014 señala como partes importantes de un secador:

Generador de Aire: Los secadores de aire deben contar con un sistema que permita la entrada de aire a diferentes velocidades de flujo, por eso se utilizan ventiladores o motores que se utilizan en los sistemas de refrigeración y también extractores de aire los cuales son polarizados de manera inversa para trabajar como generadores de aire

Calefactor: En calefactores directos el aire es calentado cuando se combina con gases de combustión de escape. En calefactores indirectos en aire o producto es calentado a través de placas de resistencias eléctricas. El costo de los calentadores directos es más bajo que los indirectos, pero algunos productos se llegan a dañar o contaminar debido a los gases.

Alimentador: Los alimentadores o “feeders” más comunes utilizados en los secadores para sólidos húmedos son los transportadores de tornillo, mesas rotantes y bandejas vibratorias. En algunos casos se tienen que utilizar alimentadores especiales en secadores de cama ancha para asegurar la expansión uniforme del alimento.

Otros componentes que son utilizados en los secadores para verificar el estado dentro del mismo son: termómetros de mercurio, medidores de presión y humedad, y básculas que censan la pérdida de agua del alimento.

Por lo general los secadores que se utilizan en los laboratorios de investigación cuentan con todos estos elementos con el propósito de hacer pruebas y de monitorear el comportamiento del secador y del alimento que se está deshidratando.

2.3.3 TRANSFERENCIA DE MASA

Dentro del procesamiento de alimentos se puede realizar la selección de determinadas reacciones químicas mediante la elección de condiciones apropiadas, además para la obtención de un producto de calidad, durante el proceso de producción se puede obtener subproductos los cuales pueden generar un considerable aporte económico. En el diseño de los procesos de separación llega a ser muy importante el conocer cómo funcionan los procesos de transferencia de materia.

Heldman & Singh (2014) indican que para estudiar las operaciones que dependen de los procesos de transferencia de materia es importante comprender el significado del término

transferencia de materia, por lo tanto, la utilización del término transferencia de materia se restringe al desplazamiento de un constituyente de un fluido o de un componente de una mezcla, por otra parte, el movimiento se produce debido a una diferencia de concentraciones, de tal manera que puede producirse dentro de una fase o entre diferentes fases.

Por ello, la velocidad de transferencia de masa puede expresarse mediante la ecuación.

$$q = hm A(X_s - X_a)$$

Donde:

hm: Coeficiente de transferencia de masa

A: Área que se está secando

X_s: Humedad en la superficie del producto, que equivale a la humedad de saturación del aire a la temperatura de la superficie del producto (kg de agua / kg de aires seco)

X_a: Humedad del aire seco.

2.3.4 CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN ALIMENTO (X)

Colina Irezabal (2010) indica que el contenido de humedad de un alimento, es la cantidad de agua total que contiene y puede expresarse de tres formas diferentes, donde el porcentaje de humedad es la forma más común de expresar la cantidad de agua de un alimento y puede calcularse con la siguiente expresión.

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{\text{Masa de agua de un producto (kg)}}{\text{Masa total de producto húmedo (kg)}} \times 100$$

El contenido de humedad en base húmeda (X_{bh}) puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$X_{bh} = \frac{\text{Masa de agua de un producto}}{\text{Masa total del producto húmedo (kg producto húmedo)}}$$

Adicionalmente, el contenido de humedad se puede expresar en base seca (X_{bs}), esta forma de expresión del contenido de humedad de un alimento se utiliza en la construcción de curvas de secado, así como en los cálculos de tiempo y velocidad de secado, donde puede determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$X_{bs} = \frac{\text{Masa de agua de un producto (kg agua)}}{\text{Masa total de sólido seco (kg sólidos secos)}}$$

Además, la humedad de equilibrio (X^*) es el contenido de humedad del producto, cuando su presión de vapor está en equilibrio con el medio, el contenido de humedad de equilibrio de un producto depende de su temperatura, estructura molecular y tipo de agua que este en el producto. Asimismo, la humedad de equilibrio es la más baja que alcanza el producto durante el proceso de secado, bajo condiciones específicas de temperatura y humedad del aire. Sin embargo, los alimentos rara vez se secan hasta su contenido de agua en equilibrio, ya que en este punto el alimento es demasiado higroscópico y cualquier cambio de temperatura y humedad del medio ambiente provoca una adsorción indeseable de agua.

2.3.5 ACTIVIDAD DE AGUA.

Calle Benites & Aparicio Baidal (2011) mencionan que la actividad de agua (a_w) es un parámetro que indica la disponibilidad de agua en un alimento para que existan reacciones químicas y bioquímicas (Por ejemplo, oxidación de lípidos, reacciones enzimáticas, reacción de Maillard y desarrollo microbiano). (Sachin, Chung, & Arun, 2010) indican que la probabilidad de ocurrencia de las reacciones de Maillard durante el almacenamiento de productos se incrementa a medida que se incrementa la actividad de agua, alcanzando un máximo a actividades de agua entre 0,60 a 0,70 en un rango que va desde 1 a 0.

También, la actividad de agua (a_w) determina el grado de interacción entre el agua y los demás constituyentes del alimento, expresada por la cantidad de agua libre, es decir el agua disponible para llevarse a cabo las diferentes reacciones químicas y el crecimiento de microorganismos en el alimento. Por lo tanto, se considera un parámetro crítico en la determinación de la estabilidad y seguridad de los productos que se consumen a diario, representados por la vida útil de calidad durante el almacenamiento en percha.

Colina Irezabal (2010) señala que la actividad de agua de los alimentos determina la estabilidad, ya que muchas reacciones dañinas ocurren de acuerdo con el valor de este factor, por lo tanto, en la figura 4 se observa una división de la a_w en tres zonas, donde la zona III representa el agua libre y corresponde a la mayor parte del agua de los tejidos vegetales y animales de los alimentos, además, en esta etapa el agua se elimina con facilidad durante el proceso de secado, por otra parte, el alimento es más disponible para el crecimiento de microorganismos, reacciones químicas y enzimáticas, así la actividad de agua es de aproximadamente 0.8, aunque desde luego depende del tipo de producto y de la temperatura.

A diferencia de la zona III, la zona II constituye el agua débilmente ligada, que es más difícil de eliminar que el agua libre, este tipo de agua imposibilita el crecimiento microbiano y reduce sustancialmente la velocidad de las reacciones químicas y enzimáticas, por lo tanto, la actividad de agua en esta zona es alrededor de 0,25. Mientras, en la zona I es agua ligada, por consiguiente, su eliminación es sumamente difícil. Además, se puede mencionar que la eliminación del agua ligada requiere mayor energía y deteriora el alimento.

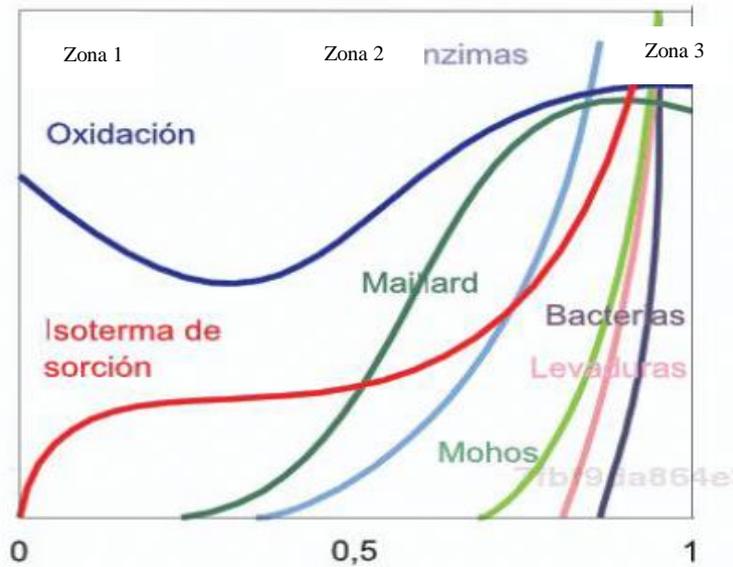


Figura 4: Degradación en función de la actividad de agua
Fuente: Casp Vanaclocha & Abril Renquena, (2008)

Sachin, Chung, & Arun (2010) indica que el efecto de la temperatura sobre la actividad del agua es específico para cada alimento. Sin embargo, algunos productos muestran un incremento en la actividad del agua al incrementar la temperatura. Mientras, otros disminuyen la actividad de agua al incrementar la temperatura. Por lo tanto, la mayoría de los alimentos de alta humedad presentan cambios insignificantes de la actividad de agua con la temperatura. Así que, no se puede predecir el cambio de la actividad de agua con la temperatura, ya que depende del efecto de la temperatura sobre los factores que influyen en la actividad del agua.

2.3.6 CURVA DE SECADO.

Maupoey et al. (2001), establece que las variables se mantienen constantes y se determinan periódicamente, el contenido de humedad del sólido se obtiene una serie de datos que puede graficarse en un sistema coordinado, en la forma X (contenido en humedad del material) frente a t (tiempo transcurrido desde que se inició la operación de secado), dando lugar a la curva de secado.

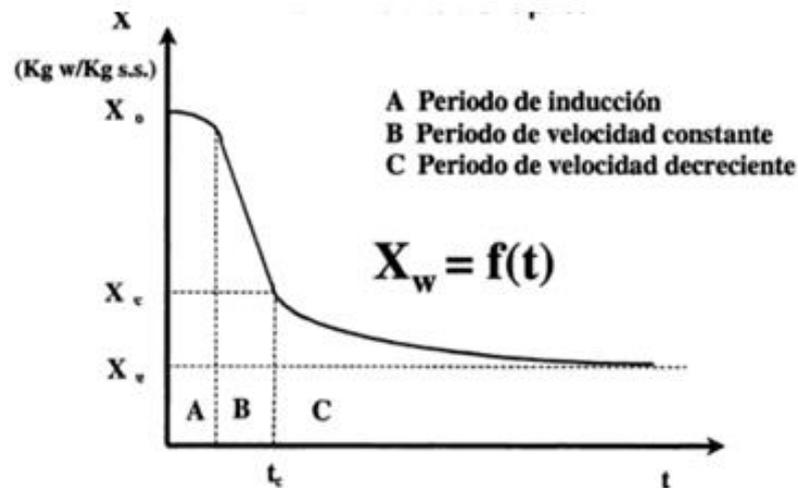


Figura 5: Curva de secado de materiales húmedos
Fuente: Maupoey et al. (2001).

Las zonas características de una curva de secado son:

- Zona A, en la cual la pendiente de la curva aumenta ligeramente con el tiempo y se denomina periodo de inducción.
- Zona B, de pendiente constante.
- Zona C, la pendiente disminuye con el tiempo

En los materiales con humedades iniciales bajas el secado transcurre en todo momento con velocidad de secado decreciente.

Sanchez Camez (2012) señala que las curvas de secado son curvas construidas a partir de datos experimentales que muestran información sobre la velocidad de secado de un alimento bajo determinadas condiciones. Además, menciona que para construir las curvas de secado los datos tabulados tiempo y la masa del alimento húmedo obtenidos experimentalmente se transforman en datos de tiempo y humedad base seca.

Por lo tanto, para la obtención de los diferentes datos se colocarán las muestras en un secador de cabina en condiciones de proceso conocidas tales como velocidad de aire, temperatura,

densidad de carga, donde, cabe mencionar que las curvas de mayor interés en la descripción de la cinética de secado son: la humedad libre vs tiempo y velocidad de secado vs humedad libre.

2.3.7 MECANISMOS DE SECADO

(Ibarz & Barbosa Cánovas, 2014) definen al secado como la eliminación de humedad total o parcial de un producto, sin embargo, la etapa principal es la transferencia interna de materia durante la mayoría de procesos de secado. Además, los mecanismos de transferencia de agua en el producto que se está secando se los realiza mediante el movimiento de agua bajo fuerzas capilares, difusión del líquido por gradientes de concentración, difusión superficial, difusión del vapor de agua de los poros llenos de aire, flujo debido a gradientes de fuerzas capilares son responsables de la retención de agua en los poros de los sólidos de construcción rígida, mientras que en sólidos formados por agregados de polvos finos, es la presión osmótica la responsable de esta retención, así como en la superficie del sólido.

Por lo tanto, el producto a secar es uno de los factores más importantes en cualquier proceso de secado, debido a que las propiedades físicas y químicas de cada producto son diferentes. Además, Cabrera Vazques, (2013) indica que debido a los posibles cambios que se pueden generar al momento de la eliminación del agua, la humedad se la puede remover mediante dos métodos:

Evaporación: se da cuando la presión de vapor de la humedad en la superficie del sólido es igual a la presión atmosférica, esto ocurre al incrementar la temperatura de humedad hasta el punto de ebullición.

Vaporización: el secado es llevado a cabo por convección, pasando aire caliente sobre el producto, mientras que el aire es enfriado por el producto y la humedad es transferida hacia el aire, de hecho, en este caso la presión del vapor de la humedad sobre el sólido es menor que la presión atmosférica.

2.3.8 PROCESO DE SECADO

(Ibarz & Barbosa Cánovas, 2014) dice que los datos que se generan en el proceso de secado se expresan normalmente como el peso total de material húmedo como una función del tiempo durante el proceso de secado, aunque en ocasiones pueden expresarse en términos de velocidad de secado. El contenido de humedad del producto se define como la relación entre la cantidad de agua en el alimento y la cantidad de sólidos secos, y se expresa como:

$$XBS = \frac{Pi - S}{S}$$

Donde:

XBS = Humedad expresada como peso de agua/ peso solido seco.

Pi = Peso total de material en un tiempo determinado

S = Peso de sólido seco,

En los procesos de secado, una variable muy importante es la denominada contenido de humedad libre, X, se define como:

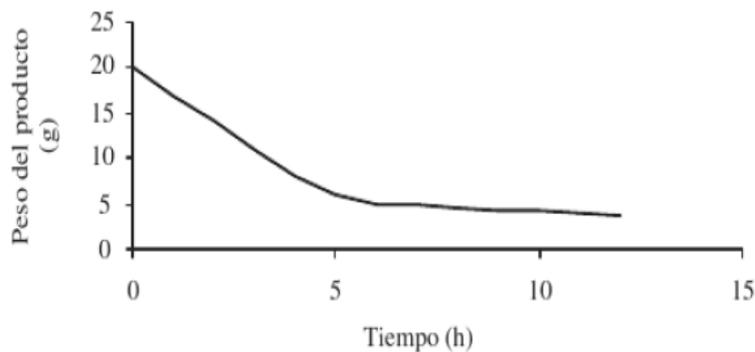


Figura 6: Variación del peso del producto en un proceso de secado

$$X = XBS - X^*$$

En la que X^* es el contenido de humedad cuando se alcanza el equilibrio, una típica curva de secado se obtiene al representar el contenido de humedad libre frente al tiempo de secado. Por lo tanto, la velocidad de secado, W , se puede expresar de manera proporcional al cambio del contenido de humedad con el tiempo:

$$W \propto \frac{dX}{dt}$$

A partir de la figura 6 se obtiene el valor dX/dt para cada punto de la curva, mediante el valor que adquiere la tangente a la misma en cada uno de los puntos. La velocidad de secado W se puede expresar como (Gearkoplis, 1998)

$$W = -\frac{S}{A} \frac{dX}{dt}$$

Donde:

S: Cantidad de sólidos secos

A: área de la superficie que está secando.

(Casp Vanaclocha & Abril Renquena, 2008) indican que la transmisión de calor tiene lugar en el interior del alimento y está relacionada con el gradiente de temperatura existente entre su superficie y 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 éste. El gradiente de presión existe entre la superficie del agua en el interior y en el aire exterior del alimento, es el que provoca la difusión del vapor del agua hacia la superficie de este.

Por lo tanto, durante el secado se producen cuatro procesos de transporte (figura 8):

- 1) Transmisión de calor desde el gas hasta la superficie del producto. Puede realizarse por conducción, convección o radiación.

- 2) **Transmisión de calor desde la interfase sólido-gas hasta el interior del sólido.** Sólo puede tener lugar por conducción, en régimen no estacionario (las condiciones varían con el tiempo).

- 3) **Transmisión de materia a través del sólido.** Se puede producir por difusión o capilaridad, aprovechando los capilares existentes. La difusión tiene lugar en el secado de productos con humedades de orden de 25% (base húmeda) o inferiores, mientras que la capilaridad se presenta para niveles altos de humedad (65% o más), siempre y cuando en la estructura interna del producto existe capilares.

- 4) **Transferencia de vapor desde la interfase sólido-gas hacia el seno del gas.** Los equipos de deshidratación utilizarán por tanto para la transferencia de energía, procesos basados en la convección, conducción o radiación desde la fuente de calor hasta el alimento. Los sistemas más usuales emplean la convección como mecanismo de transferencia de calor y aire como vehículo de esta energía, por lo tanto, la transferencia de calor dependerá, en este caso, de la temperatura del aire, de su humedad, de su caudal, de la superficie expuesta del alimento y de presión.

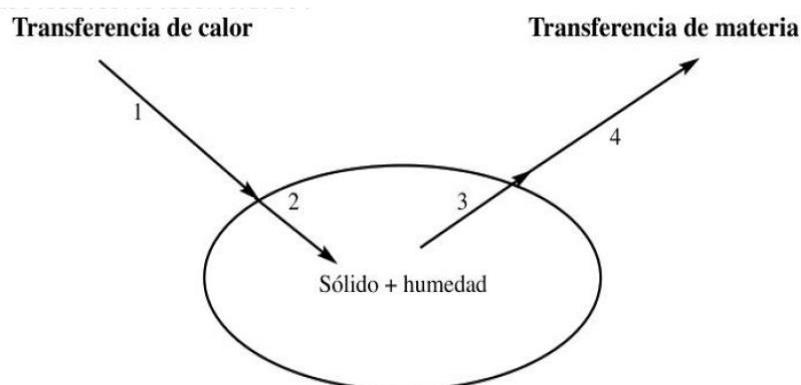


Figura 7: Proceso básico de secado

Fuente: (Casp Vanaclocha & Abril Renquena, 2008)

Es necesario tener en cuenta los cuatro procesos de transporte citados, puesto que la velocidad de secado será proporcional al más lento de ellos. En la mayoría de los casos los procesos limitantes serán los de transporte de materia y calor en el interior del alimento.

2.3.9 PERIODOS DE SECADO.

El proceso de secado está dividido en tres fases: una fase inicial de precalentamiento o inducción, seguido de otra de secado constante y una o más fases de velocidad de secado decreciente.

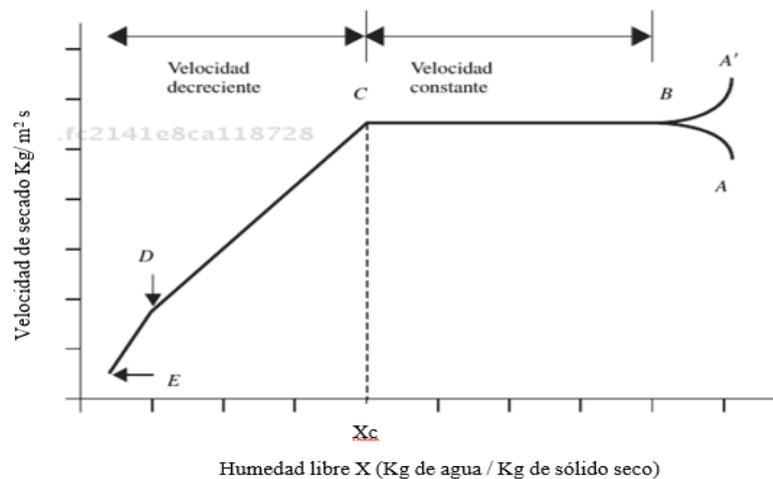


Figura 8: Periodos de secado
Fuente: Ibarz & Barbosa Cánovas, (2014)

Ibarz & Barbosa Cánovas (2014) en la figura 8 muestra una curva típica de velocidad de secado, donde los puntos A y A' representan el inicio de secado de un producto. El punto B representa la condición de temperatura de equilibrio de la superficie del producto. A su vez Casp Vanaclocha & Abril Renquena, (2008) indica que es un periodo de precalentamiento o inducción que transcurre mientras el producto y el agua en él contenida se calientan ligeramente, hasta alcanzar la temperatura de bulbo húmedo característica del ambiente secante. Por lo tanto, el producto a secar al principio se encuentra frío, su presión de vapor es igualmente baja y la velocidad de transferencia de masa es muy lenta, por otra parte, este periodo es muy corto por lo que suele ser despreciado en los cálculos de tiempo.

(Ibarz & Barbosa Cánovas, 2014) menciona que el tramo de la curva B-C es conocido como periodo de velocidad constante de secado, donde se produce una reducción importante del contenido de agua ya que se elimina el agua no ligada del producto. Además, al inicio del proceso de secado la superficie del producto se encuentra muy húmeda, con una actividad de agua cercana a uno. Sin embargo, Casp Vanaclocha & Abril Renquena, (2008) afirman que, la evaporación se efectúa en la superficie del producto a temperatura constante debido a que la velocidad de transferencia de masa se equilibra con la velocidad de transferencia de calor y corresponde a la temperatura de bulbo húmedo del aire. Durante este periodo, el flujo de calor intercambiado entre el aire y el producto se utiliza enteramente para la evaporación del agua.

El punto C representa el inicio del período de velocidad decreciente, pudiendose dividir este periodo en dos etapas. La primera de ellas se da cuando los puntos húmedos en la superficie disminuyen continuamente hasta que la superficie está seca completamente (punto D), mientras, la segunda etapa de la velocidad decreciente se inicia en el punto D, cuando la superficie está completamente seca, y el plano de evaporación se traslada al interior del sólido. El calor requerido para eliminar la humedad es transferido a través del sólido en la corriente de aire que va hacia la superficie. A veces no existen diferencias remarcables entre el primer y el segundo período de velocidad decreciente. La cantidad de agua eliminada en este periodo puede ser baja, mientras que el tiempo requerido puede ser elevado, ya que la velocidad de secado es baja. (Ibarz & Barbosa Cánovas, 2014)

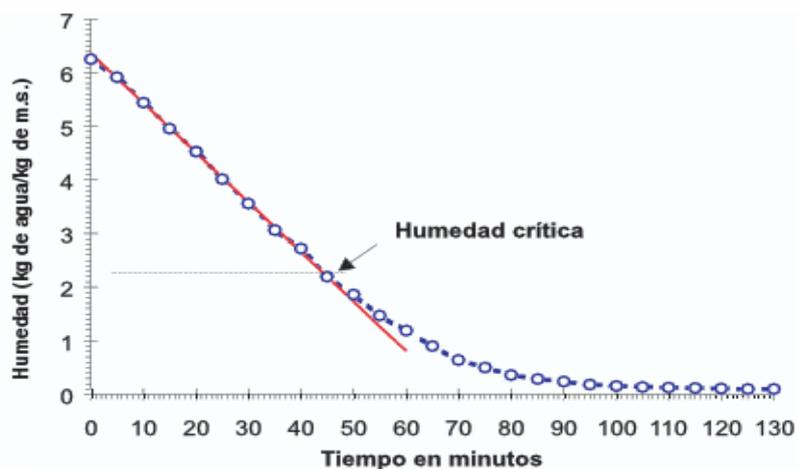


Figura 9: Periodo de velocidad constante
Fuente: Maupoey et al. (2001).

2.3.10 TIEMPO TOTAL DE SECADO

Para cualquier tipo de flujo de aire y mecanismos de eliminación de agua, el tiempo total (T_t) requerido para el secado de un producto será la suma del tiempo en la etapa de velocidad constante más el tiempo de la velocidad decreciente.

$$T_t = t_a + t_p$$

2.3.11 VELOCIDAD DE SECADO.

Maupoey et al. (2001). “Define la velocidad de secado como la velocidad con que disminuye la humedad del producto” es decir:

$$W = \frac{dX}{dt}$$

Por tanto, la velocidad o tasa de secado de un sólido (dX / dt), es la cantidad de agua que se evapora por unidad de tiempo, además, se determina experimentalmente bajo condiciones físicas y termodinámicas, constantes. La pendiente de la curva de secado (dX/dt) indica la velocidad de secado en la que también puede diferenciarse las tres zonas definidas anteriormente, así como su correspondencia con la curva de secado.

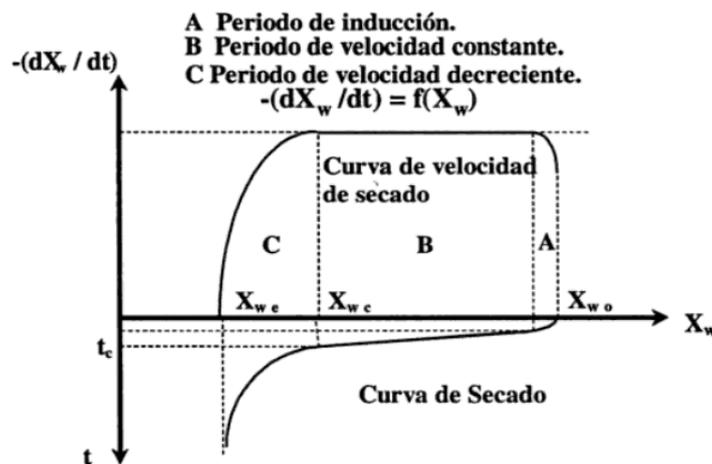


Figura 10: Curva de secado y velocidad de secado
Fuente: Maupoey et al. (2001).

2.3.12 PERIODO DE SECADO A VELOCIDAD CONSTANTE

Ibarz & Barbosa Cánovas (2014) indican que durante el periodo de secado a velocidad constante, los fenómenos de transporte que tienen lugar son la transferencia de materia de vapor de agua hacia el medio ambiente, desde la superficie del producto a través de una película de aire que rodea el material, y la transferencia de calor a través del sólido, durante el proceso de secado, la superficie del material permanece saturada de agua, ya que la velocidad de movimiento del agua desde el interior del sólido es suficiente para compensar el agua evaporada en la superficie. Sin embargo, se supone que solo existe transferencia de calor hacia la superficie del sólido por convección desde el aire caliente y transferencia de materia desde la superficie hacia el aire caliente se obtiene:

$$q = h A(T - T_{bh})$$

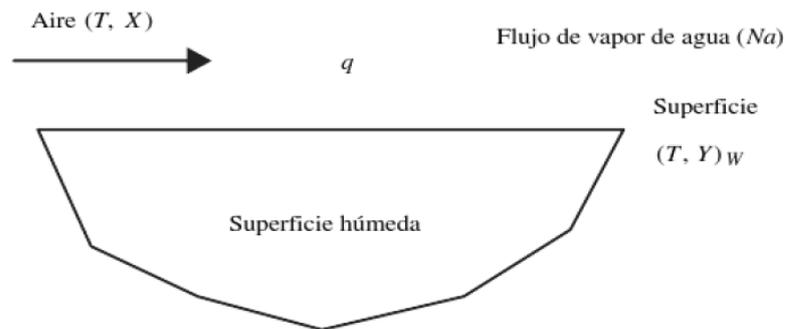


Figura 11: Transmisión de calor y material de secado
Fuente: Ibarz & Barbosa Cánovas, 2014

Donde:

h: Coeficiente de transferencia de calor

A: Área de la superficie de secado (m²)

T_{bh}: Temperatura de bulbo húmedo

T: Temperatura de secado.

Aguado (2002) y Gearkoplis (1998) coinciden que el coeficiente individual de transmisión de calor se puede establecer bien experimentalmente, bien a través de la aplicación de correlaciones empíricas apropiadas al caso. Así, si el flujo de aire es paralelo a la superficie del alimento.

$$h = 0.0204(G)^{0.8}$$

Cuando el aire fluye perpendicularmente a la superficie:

$$h = 1.17(G)^{0.37}$$

Donde: **h** viene dado en $W/m^2 \text{ } ^\circ K$ y **G** es la velocidad másica del aire, en $Kg \text{ m}^2/s$

La figura 12 presenta las etapas durante el secado a velocidad constante de un material húmedo Keey (1978). Durante la etapa 1 el flujo de líquido se puede producir en un gradiente hidráulico. La siguiente etapa consiste en la sustitución de la humedad por el aire. En ese momento la temperatura de la superficie se aproxima a la de la temperatura de bulbo húmedo.

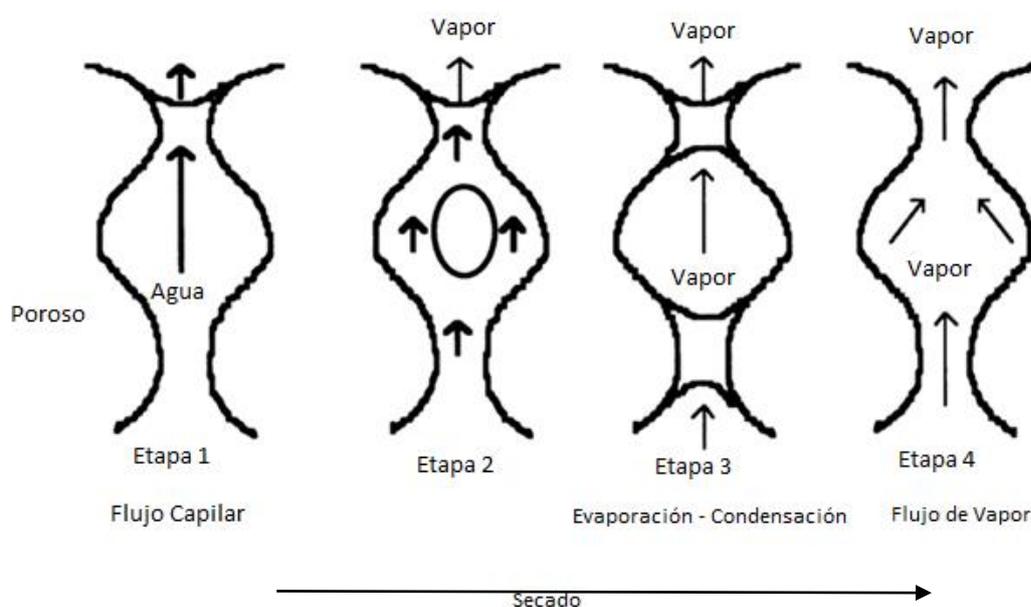


Figura 12: El movimiento del agua durante el secado de un material poroso.

2.3.13 PERIODO DE VELOCIDAD DECRECIENTE

El periodo de velocidad decreciente sigue el periodo de velocidad constante, durante este periodo la superficie ya no está totalmente húmeda, por lo tanto, el producto húmedo comienza a disminuir durante este periodo de velocidad decreciente hasta estar seco en su totalidad.

Así que un segundo periodo de velocidad decreciente empieza cuando el producto se encuentra totalmente seco, mientras el plano de evaporación comienza a desplazarse con lentitud por debajo de la superficie. Sin embargo, en algunos casos no existe discontinuidad definida en el periodo decreciente, es tan gradual que no se detecta un punto de inflexión, además es posible que la humedad a eliminarse en este periodo sea pequeña pero el tiempo que requiere para extraer la humedad sea largo.

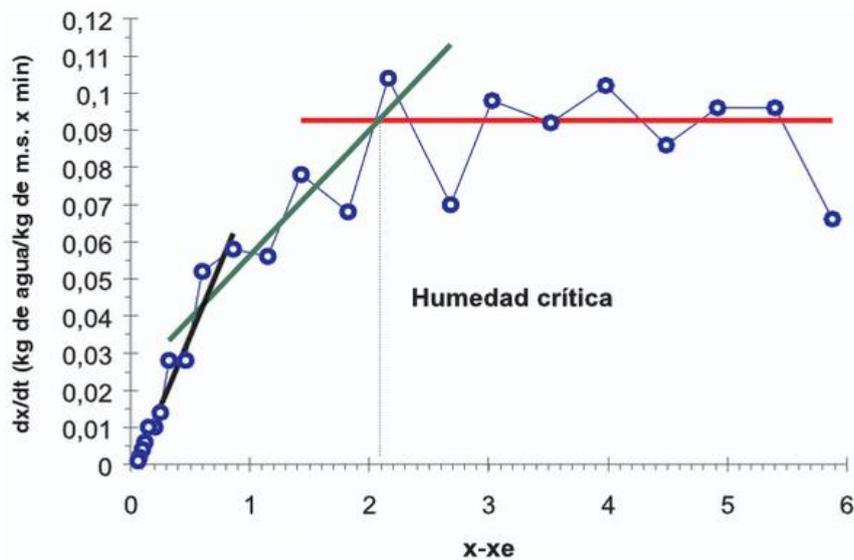


Figura 13: Periodos de velocidad decreciente

Fuente: Maupoey et al. (2001).

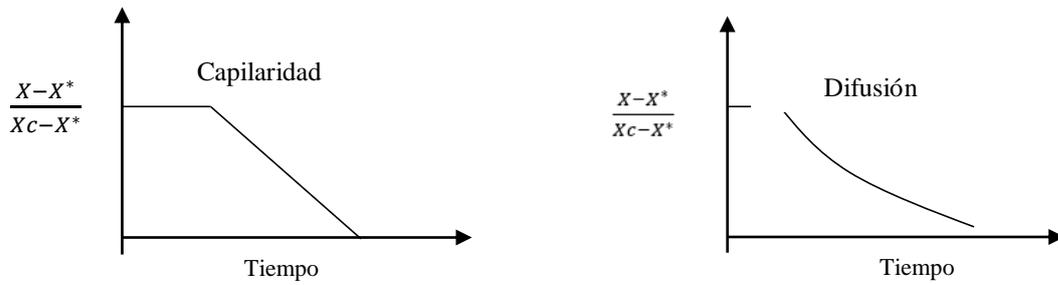
2.3.13.1 Teoría Capilar

El flujo de un líquido a través de las hendiduras y sobre la superficie de un sólido debido a la atracción molecular entre el líquido y el sólido se denomina capilaridad, por lo que el flujo capilar ha sido aceptado como uno de los mecanismos clave de secado.

Además, un sólido poroso contiene poros y canales interconectados de diversos tamaños. A medida que se evapora el agua, se forma un menisco de líquido en cada poro en el interior del sólido. Esto origina las fuerzas capilares por la tensión interfacial entre el agua y el sólido. Estas fuerzas constituyen el impulso para desplazar el agua a través de los poros hasta la superficie. Los poros pequeños desarrollan fuerzas mayores que los poros más grandes. (Fonseca Vigoyo, 2012)

La etapa representada por el segmento CE se denomina Período de Tasa Decreciente, con una pendiente para el segmento CD menor que para el segmento DE. La zona CD corresponde a la etapa de secamiento de la superficie del sólido; la humedad en la superficie va disminuyendo hasta que es ligeramente inferior a la del interior, la etapa correspondiente CD se llama Período de Tasa de Secamiento Decreciente Superficial (Fonseca Vigoyo, 2012). Sin embargo, al principio del periodo de velocidad decreciente en el punto C de la figura 8, el agua es llevada hasta la superficie por acción capilar, pero la capa superficial de agua comienza a hundirse en el sólido, al suceder esto, el aire se penetra hasta llenar los espacios vacíos. Al eliminarse el agua de manera continua, se llega a un punto donde no hay suficiente agua para mantener una película continua en todos los poros, y la velocidad de secado disminuye bruscamente al principio del segundo periodo de velocidad decreciente en el punto D. Entonces, la velocidad de difusión del vapor de agua en los poros y la velocidad de conducción de calor en el sólido, pueden llegar a ser los factores principales en el secado. (Ibarz & Barbosa Cánovas, 2014)

Colina, Irezabal, 2010 indica que para conocer el mecanismo por el que se elimina la humedad en un producto determinado, puede graficarse el cociente $(X - X^* / X_c - X^*)$ contra el tiempo de secado como se muestra a continuación:



Si en dicha gráfica se obtiene una línea recta uniforme, puede asumirse que el agua se elimina por capilaridad. Si la línea se hace asintótica a una línea recta, con forme aumenta el tiempo, se considera difusión y el coeficiente de difusividad másica puede calcularse a partir de la pendiente de dicha línea.

X_c puede determinarse a partir de las curvas de deshidratación para el producto en cuestión y X^* debe determinarse de la curva de sorción de dicho producto.

2.3.13.2 Teoría de difusión

(Ibarz & Barbosa Cánovas, 2014), el principal mecanismo en el secado de sólidos es la difusión del agua en sólidos de estructura fina y en los capilares, poros y pequeños huecos llenos de vapor. El vapor difunde hasta que alcanza la superficie donde pasa la corriente de aire, (Colina, Irezabal, 2010) menciona que el tiempo de deshidratación del producto en la etapa de velocidad decreciente dependerá en gran medida de la geometría del sólido por deshidratar.

(Gearkoplis, 1998), dice que, de acuerdo con esta teoría, la difusión de la humedad líquida se verifica cuando existe una diferencia de concentración entre el interior del sólido y la superficie. Este método de transporte de humedad casi siempre se presenta con sólidos no porosos, en los que se forman soluciones de una sola fase con la humedad, como en una pasta, un jabón, una gelatina y pegamento. También es el caso del secado de las últimas porciones de humedad en arcillas, harinas, madera, cuero, papel, almidones y textiles. En el

secado de muchos materiales alimenticios, el movimiento del agua durante el periodo de velocidad decreciente se verifica por difusión.

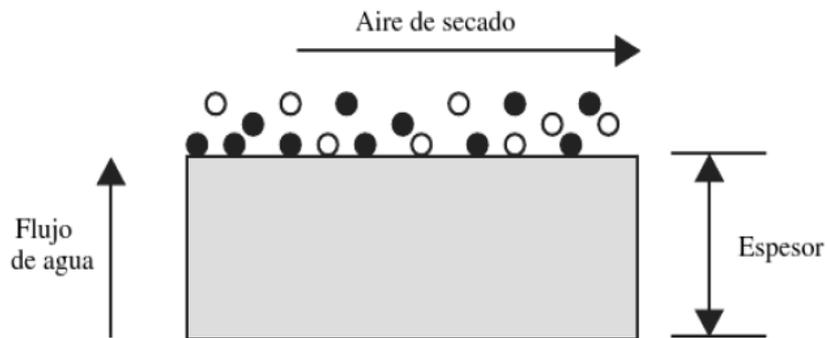


Figura 14: Mecanismo de difusión superficial y transporte de vapor de agua

Fuente: Ibarz & Barbosa Cánovas, 2014

2.3.13.2.1 Coeficientes de difusión efectiva.

Para determinar los coeficientes de transferencia de masa fundamentados en la teoría de difusión, dependerá en gran medida de la geometría del sólido a secar así se tiene:

Esfera:

$$td = \frac{r^2}{D_m \pi^2} \ln \left(\frac{6(X_c - X^*)}{\pi^2 (X_f - X^*)} \right)$$

D_m: Difusividad másica del agua del producto (m²/s)

X_c: Humedad crítica

X*: Humedad de equilibrio

X_f: Humedad final

r: Radio del producto (m)

Lámina:

$$\frac{4X^2}{D_m\pi^2} \ln\left(\frac{8(X_c - X^*)}{\pi^2(X_f - X^*)}\right)$$

X_c: Humedad crítica

X*: Humedad de equilibrio

X_f: Humedad final

D_m: Difusividad másica del agua del producto (m²/s)

Cilindro:

$$\frac{r^2}{5,78D_m} \ln\left(\frac{0,642(X_c - X^*)}{X_f - X^*}\right)$$

X_c: Humedad crítica

X*: Humedad de equilibrio

X_f: Humedad final

D_m: Difusividad másica del agua del producto (m²/s)

r: Radio del producto (m)

2.3.13.3 Teoría de la evaporación – condensación

(Keqing, 2004) menciona que el vapor de agua en el producto es condensado cerca de la superficie. Esto supone que la velocidad de condensación es igual a la velocidad de evaporación en la superficie del producto y permite que no exista acumulación de agua en los poros cerca de la superficie. La teoría tiene en cuenta la difusión simultánea de calor y

materia, que supone que los poros son una red continua de espacios en el sólido. Los fenómenos de transferencia de materia y calor se pueden describir como: Balance de materia:

$$a_T D_v \nabla^2 X_v = a \frac{\partial X_v}{\partial t} + (1 - a) \rho_s \frac{\partial X}{\partial t}$$

Donde:

D_v: Coeficiente de difusión de vapor

X_v: Concentración de vapor en los poros

a: Facción volumétrica de aire en los poros

τ: Factor que tiene en cuenta la tortuosidad del paso

ρ_s: Densidad del esqueleto sólido.

2.3.14 PREPARACIÓN DE LOS PRODUCTOS PARA EL SECADO

En cuanto a la preparación de los productos hay que encontrar un compromiso entre la presentación final y la facilidad de secado, por lo que, interesa aumentar la superficie de intercambio aire/producto (trozos pequeños, colocados en el secado), esto presenta varias ventajas, permite disminuir la duración de la primera fase, entre más pequeños sean los trozos y se encuentren en una capa delgada, antes alcanzará el producto la temperatura a partir de la cual el secado es efectivo; en la segunda fase, la evaporación tiene lugar en la superficie del producto y es tanto más rápida cuanto mayor sea la superficie de contacto entre el aire y el producto y más fácilmente puede acceder el aire a toda esta superficie, por último, en la tercera fase, la eliminación de agua del producto será tanto más fácil cuando menor sea el tamaño de los trozos. (Casp Vanaclocha & Abril Renquena, 2008)

2.4 REDUCCIÓN DE TAMAÑO

(Fellows, 2002) La reducción de tamaño no tiene ningún efecto conservador, o éste es muy pequeño, se utiliza para mejorar la comestibilidad o adecuación de los alimentos para un determinado proceso de elaboración o aumentar la gama de fabricación.

Los diferentes sistemas de reducción de tamaño se clasifican de acuerdo con el tamaño de partícula obtenidos de la siguiente forma:

- Corte en tacos, rebanadas, o rodajas.
- De grande a medio (queso, filetes para estofar, corte de la fruta en rodajas para su envasado)
- De medio o pequeño (judías verdes rebanadas y cubitos de zanahoria)
- De pequeño a granular (carne picada, nueces y verduras troceadas)
- Molienda a polvo o pasta de finura creciente (diversos productos granulares, especias, harinas, azúcar en polvo)
- Emulsiones y homogenización (mayonesa leche, aceites esenciales, mantequilla, helados).

Los alimentos más duros absorben mayor cantidad de energía y en consecuencia requieren, para conseguir su rotura, un aporte energético mayor. Para la fragmentación de alimentos friables y cristalinos se requiere fuerza de compresión. Además, para alimentos fibrosos con una combinación de fuerza de impacto y de cizalla y para la fragmentación a pequeño tamaño de partícula de los alimentos blandos se precisan fuerza de cizalla.

2.4.1 MOLINOS DE DISCO

(Fellows, 2002) manifiesta que la molturación a pequeño tamaño de partícula o para desgarrar, se utilizan las fuerzas de cizalla, mientras que, para la molturación a tamaños de

partículas mayores, se utilizan fuerzas de impacto. Así, Balcazar (2009) menciona que “el molino de frotamiento con disco es una clase muy antigua, el cual se monta sobre un eje de dos piedras circulares, la piedra superior es fija, tiene una boca de entrada de la carga y la piedra inferior gira; el producto seco pasa por la separación entre las dos piedras, se descarga por la arista de la piedra inferior.

2.4.2 EFECTO DE LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO SOBRE LAS HIERBAS AROMÁTICAS

(Fellows, 2002) manifiesta que algunos alimentos se producen un efecto indirecto sobre su aroma y sabor. Además, los alimentos secos poseen una a_w suficientemente baja para permitir, después de su molturación, su almacenamiento durante varios meses sin que se produzcan cambios sustanciales en su valor nutritivo y características organolépticas. Además, durante la reducción de tamaño se producen pequeños cambios de calor, aroma y sabor que generalmente pasan desapercibidos, también en especias y algunos frutos secos, se produce una pérdida de componentes volátiles, si se permite que la temperatura aumente durante la molturación.

2.5 ENVASADO

(Fellows, 2002) señala que el envasado proporciona una barrera entre el alimento y el ambiente circundante, permite el control de la transmisión de luz, velocidad de transmisión de calor, de humedad y el movimiento de microorganismos o insectos. Además, el envase no debe influir sobre el producto por reacciones entre el envase y el alimento.

Se conoce que la bolsita de seda común, es funcional porque contiene las plantas sin dejar residuos y permitiendo aprovechar el producto, la tirita sirve para introducir o retirar la tisana; es practica porque contiene lo que se requiere, es pequeña, fácil de llevar, empacar y almacenar.

De acuerdo al Codex (2014) para el envasado debe usarse envases o bolsas no porosos para proteger a las especias y plantas aromáticas desecadas de la contaminación, así como de la introducción de humedad, insectos y roedores. En especial, debe evitarse la reabsorción de la humedad del ambiente en aquellos climas húmedos tropicales. Además, debe prevenirse la contaminación a través del uso de recubrimientos o envases secundarios usados para proporcionar protección adicional. Por lo tanto, el envase debe ser suficientemente impermeable para retener los aromas característicos del producto, o a su vez evitar que el producto absorba olores del exterior. El papel sellable térmicamente lleva un termoplástico, como el PVC o el polipropileno, como componente en el lado interno de su superficie.

Para Muñoz (2002) “Las plantas, ya molidas, deben envasarse y conservarse según ciertas normas. Para ello se buscará la máxima protección y el mínimo de volumen.” Todo material para envase de especias debe cumplir estos requisitos:

- Máxima impermeabilidad posible a gases, luz y vapor de agua.
- Ser resistente a las posibles acciones de las especias molidas, que podrían poner en libertad algún componente del material de envase.
- No formar combinación con ningún componente del producto.
- Según la norma NTE INEN 2392-2007. El material del envase debe ser resistente e inerte a la acción del producto y no debe alterar las características del mismo.

El llenado exacto de los envases es importante para asegurar que se cumple la legislación y para evitar pérdidas económicas por un llenado excesivo. La composición de algunos productos alimenticios también está sujeta a regulación en algunos países, por lo que es necesario un llenado exacto de los distintos ingredientes. El mantenimiento de la calidad de un alimento durante una determinada vida útil depende principalmente de la eficiencia del cierre del envase

2.5.1 SELLADORA DE IMPULSO

Fellows (2002), indica que el material a fundir por la selladora de impulso se mantiene en contacto por la presión de una pinza fría. Cuando se calienta, la película termoplástica se funde, pero la presión de la pinza permanece hasta que la soldadura se enfría, para evitar que se encoja o se arrugue.

2.6 ALMACENAMIENTO

(Fellows, 2002) indica que la principal función del envasado es hacer que los consumidores reciban el producto en buenas condiciones al menor precio posible. Por lo tanto, el envase debe ser cómodo para el consumidor en cuanto al manejo, apertura y cerrado, y ser apropiado para el producto y su uso, los materiales de envasado no deben tener efectos adversos sobre el contenido. Además, debe proteger adecuadamente el alimento bajo condiciones normales de distribución, venta y almacenamiento en el hogar.

Muñoz (2002), menciona que “el almacenamiento debe hacerse en lugares limpios, frescos, sombreados y bien ventilados, por aire seco, con la humedad relativa del 45% y una temperatura de 22°C”, la mayoría de las drogas, sobre todo las aromáticas deben renovarse anualmente, mucho tiempo almacenadas pierden su aroma. Mientras Sharapin (2000) dice que “las plantas pierden principios activos por degradación durante el almacenamiento, el periodo recomendado para almacenar las hojas y las sumidades floridas es de 12 a 18 meses y para las cortezas y las raíces de 12 a 36 meses.”

2.7 PREPARACIÓN Y USO DE HIERBAS

Las hierbas se preparan de diversas maneras, logrando que una hierba se prepare de varias formas; por lo tanto, la preparación puede ser distinta según el tipo de preparación escogida o aconsejada. Las denominadas formulaciones – normalmente de uso terapéutico, pueden

constar de dos o más hierbas, estas pueden emplearse de formas simples como: polvos, decocciones o extractos o bien en preparaciones un poco más sofisticadas como es el caso de las píldoras. Formas de preparación de hierbas: almíbares, baños, cataplasmas, cocimientos, compresas, esencias, extractos alcohólicos, tisanas, maceraciones, polvos, ungüentos, jugos.

2.8 INFUSIÓN O TISANA

Frecuentemente no se puede diferenciar entre tisana, infusión y decocción y en algunos casos le denominan té, de manera genérica a cualquier bebida realizada con hierbas, aunque en la realidad el auténtico te proviene de la planta *Camellia Sinensis*; las plantas pueden ser utilizadas de dos formas, tanto por vía interna o por vía externa, internamente se hace mediante la preparación de tisanas, zumos, vinos, jarabes, externamente, en forma de lociones, cataplasmas, baños, compresas, aceites, vinagres, gárgaras, irrigaciones vaginales, ungüentos, bálsamos. De todas ellas las más conocidas son las tisanas.

Sancho (2014). Tradicionalmente trata de tisanas cuando “Utilizan o bien una planta aislada o bien una mezcla de plantas cuya acción queda reforzada. Las tisanas se preparan a partir de diferentes partes activas de la planta, hojas, flores o puntas floridas, raíces o la planta entera. Se puede utilizar plantas frescas o secas.”

Sin embargo la infusión se prepara colocando cierta cantidad de agua hirviendo sobre las partes vegetales medicinales, se deja reposar entre 5 a 10 minutos; se trata del procedimiento clásico de preparación del té, los minutos que deben guardarse de reposo, puede variar dependiendo el tipo de hierba aromática que utilicemos, un término medio serían unos 3 minutos. Por tanto, la infusión sería la bebida a partir del contacto con la planta de agua muy caliente, reposada y filtrada; normalmente la dosis recomendada es una cucharadita por taza, no obstante, puede haber variaciones dependiendo el tipo de hierba.

2.9 ADITIVO ALIMENTARIO

El Codex Alimentarius (2007) entiende por aditivo alimentario cualquier sustancia que en cuanto tal no se consume normalmente como alimento, ni tampoco se usa como ingrediente básico en alimentos, tenga o no valor nutritivo, y cuya adición intencionada al alimento con fines tecnológicos (incluidos los organolépticos) en sus fases de fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento, resulte o pueda preverse razonablemente que resulte (directa o indirectamente) por sí o sus subproductos, en un componente del alimento o un elemento que afecte a sus características. Esta definición no incluye “contaminantes” o sustancias añadidas al alimento para mantener o mejorar las cualidades nutricionales.

2.9.1 AROMATIZANTES Y SABORIZANTES

Pino (2012). En su investigación dice que las “sustancias o mezclas de sustancias con propiedades aromáticas y sabrosas que, debido a la naturaleza volátil de sus moléculas, son capaces de dar o reforzar el aroma y el sabor de los alimentos.”

La aplicación de saborizantes puede realzar el sabor de sus productos o transmitir un sabor que brinde una experiencia nueva al paladar, los saborizantes son preparados a base de sustancias que contienen principios sávido-aromáticos, ya sean extraídos de la naturaleza como las hierbas aromáticas (menta, hierba luisa, cedrón) o sustancias artificiales, de uso legal permitido, los cuales son capaces de actuar sobre los sentidos del gusto y del olfato, pero no exclusivamente, ayuda a reforzar o transmitir el sabor y/o aroma determinado con la finalidad de obtener un producto más apetitoso para el consumidor

2.10 VIDA ÚTIL

El secado es una operación unitaria mediante la cual se elimina la mayor cantidad de agua que existe en las plantas de ataco (*Amaranthus hybridus l.*); la aplicación de altas

temperaturas, permite la destrucción de microorganismos, desnaturalización de las proteínas y la inactivación de las enzimas, previniendo principalmente el desarrollo microbiano, además de obtener una humedad óptima que permita alargar la vida útil del producto y así mantener características organolépticas y compuestos fitoquímicos lo más parecidos al estado fresco.

Como se menciona anteriormente los alimentos con baja a_w se conservan en óptimas condiciones durante períodos más largos de tiempo. Por el contrario, aquellos cuya actividad de agua es elevada están sometidos a contaminación microbiológica y su conservación es más delicada. Por esta razón, en alimentos más perecederos se utilizan técnicas de conservación como la evaporación, secado o liofilización para aumentar su vida útil. La actividad de agua es un parámetro que establece el inicio o final del crecimiento de muchos microorganismos. La mayoría de patógenos requieren una a_w por encima de 0,96 para poder multiplicarse. Sin embargo, otros pueden existir en valores inferiores. Algunos hongos son capaces de crecer en valores inferiores a 0,60.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte (Unidades Educativas de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial).

Tabla 2: Condiciones ambientales de la Ciudad de Ibarra

Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	El Sagrario
Sitio	Unidades productivas de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial
Latitud geográfica	00° 19' 47" N
Longitud geográfica	78° 07' 56" W
Temperatura media	18 °C
Altitud	2250m.s.n.m.
HR. Promedio	62%
Pluviosidad	503 – 1000 mm. Año

Fuente: (INAHMI, 2015)

Tabla 3: Condiciones ambientales de la Ciudad de Quito

Provincia	Pichincha
Cantón	Mejía
Parroquia	
Sitio	Estación Experimental Santa Catalina
Altitud	2400-3500 m.s.n.m.
HR. Promedio	72%
Temperatura de bulbo seco	24°C
Temperatura de bulbo húmedo	18°C
Pluviosidad	1.400(mm) Año

Fuente: (INAHMI, 2015)

La materia prima utilizada en la investigación fue recolectada en:

Tabla 4: Condiciones ambientales de la Ciudad de San Gabriel

Provincia	Carchi
Cantón	Montufar
Sitio/Sector	El Capulí
Altitud	2776 m.s.n.m.
Temperatura	13°C

3.1.1 Ubicación del experimento

La presente investigación se la realizó en la ciudad de Ibarra. El desarrollo de la fase experimental se realizó en el laboratorio de deshidratación de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. En el anexo 1 se indica las condiciones ambientales del aire de secado y del secador de bandejas

Los análisis físico-químicos y microbiológicos se realizaron en los Laboratorios de Control de Calidad de la Universidad Técnica del Norte y en los Laboratorios de la Estación Experimental Santa Catalina.

3.2 MATERIALES

3.2.1 MATERIA PRIMA E INSUMOS.

Tabla 5: Materia prima e insumos

Materias prima	Insumos
Panoja de Ataco	Hipoclorito de sodio
Agua	Thinner

3.2.2 MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO.

Tabla 6: Materiales y equipos de laboratorio

Materiales	Equipos de laboratorio
Gavetas	Computador
Cuchillos	Secador de 30 bandejas
Guantes	Termómetro de bulbo seco
Fundas de papel aluminio	Termómetro de bulbo húmedo
Mandil	Balanza gramera precisión 1g
Gorros	Balanza gramera 5000g
Mascarillas	Balanza analítica precisión 0.1mg
Libretas	Mufla 550°C ± 5h
Cajas	Estufa 50lt
Papel filtro termosellable	Disecador 20cm, 25cm
Fundas herméticas	Cronómetro
Mesa de trabajo	Anemómetro
	Molino de piedra
	Selladora de impulso
	Medidor de actividad de agua (a_w)
	Espectrofotómetro
	Probeta 250ml

3.3 MÉTODOS

El estudio de secado de la panoja de ataco utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con tres repeticiones y un arreglo factorial $A \times B \times C$, este modelo estadístico permitirá establecer los niveles de factores de secado que proporcionen las mejores características del producto seco.

3.3.1 FACTORES EN ESTUDIO.

Los factores en estudio a saber, son: Factor A (velocidad de aire), Factor B (densidad de carga) y Factor C (Temperatura de secado), los cuales permitieron establecer el mejor tratamiento para el secado de la panoja de ataco y evitar pérdidas de componentes físico-químicos y atributos sensoriales.

Detalle de factores:

FACTOR A: Velocidad de aire

A1: 2 m/s

A2: 4 m/s

FACTOR B: Densidad de carga

B1: 0.600 kg/m²

B2: 1 kg/m²

FACTOR C: Temperatura de secado

C1:30°C

C2:40°C

3.3.2 TRATAMIENTOS.

Se evaluó 8 tratamientos, resultantes de la combinación de los dos niveles de cada factor: temperatura, densidad de carga y flujo de aire.

Tabla 7: Tratamientos.

Tratamientos	Simbología	Descripción
T1	A1B1C1	2m/s de velocidad de aire + 0.600 kg/m ² de densidad de carga + 30°C de temperatura de secado
T2	A1B1C2	2m/s de velocidad de aire + 0.600 kg/m ² de densidad de carga + 40°C de temperatura de secado
T3	A1B2C1	2m/s de velocidad de aire + 1 kg/m ² de densidad de carga + 30°C de temperatura de secado
T4	A1B2C2	2m/s de velocidad de aire + 1 kg/m ² de densidad de carga + 40°C de temperatura de secado
T5	A2B1C1	4m/s de velocidad de aire + 0.600 kg/m ² de densidad de carga + 30°C de temperatura de secado
T6	A2B1C2	4m/s de velocidad de aire + 0.600 kg/m ² de densidad de carga + 40°C de temperatura de secado
T7	A2B2C1	4m/s de velocidad de aire + 1 kg/m ² de densidad de carga + 30°C de temperatura de secado
T8	A2B2C2	4m/s de velocidad de aire + 1 kg/m ² de densidad de carga + 40°C de temperatura de secado

3.3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL.

Se realizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con tres repeticiones con un arreglo factorial AxBxC, donde el Factor A (la velocidad de aire), Factor B (densidad de carga) y Factor C (la temperatura de secado).

3.3.3.1 características del experimento.

Tabla 8: Características del experimento

Número de tratamientos	8
Número de repeticiones	3
Unidades experimentales	24

3.3.3.2 características de la unidad experimental.

El material empleado para cada unidad experimental fue 0,600 kg/m² y 1 kg/m² de panoja de ataco en fresco, sometido al proceso de secado y para el análisis sensorial se utilizó una tisana de aproximadamente 1g en 250ml de agua en infusión por 3 minutos.

3.3.3.3 análisis estadístico.

Tabla 9: Análisis de la varianza

F d V	G.L.
Total	23
Tratamientos	7
Factor A	2
Factor B	2
AxB	4
Factor C	2
AxC	4
BxC	4
AxBxC	8
Error Experimental	16

3.3.3.4 análisis funcional

- ✓ Coeficiente de variación.
- ✓ Prueba de Tukey al 5% para tratamientos
- ✓ Pruebas de Friedman para los análisis no paramétricos
- ✓ Prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5% para factores.

3.4 VARIABLES EVALUADAS

3.4.1. VARIABLES CUANTITATIVAS

3.4.1.1 Materia prima

Tabla 10: Variables cuantitativas a evaluar de la materia prima

Variables	Unidad	Método
Peso inicial	-	
Humedad	%	Balanza infrarroja
Polifenoles Totales	mg/g	A.O.A.C. (1965).

3.4.1.2 Producto final

Tabla 11: Variables cuantitativas a evaluar del producto final

Variables	Unidad	Método
Peso final	-	
Actividad de agua	%	Espeso enfriado
Humedad	%	Balanza infrarroja
Densidad verdadera	kg/cm ³	Método de Couto (1985)
Densidad aparente	kg/cm ³	Ecuación de la densidad
Contenido de cenizas	%	(CE2390/EEC)
Rendimiento del producto deshidratado	%	Ecuación porcentaje de rendimiento
Análisis de polifenoles totales	mg/g	A.O.A.C. (1965).
Escherinchia coli	Ufc/g	E.P.A – 40 CFR.
Enterobacteriaceas	Ufc/g	AOAC 2003.01
Mohos y levaduras	Ufm/g	AOAC Official Method 997.02.
Salmonella	-	APHA 9260 D.
Shigella	-	APHA 9260 E.

3.4.2 VARIABLES CUALITATIVAS

Tabla 12: Variables cualitativas a evaluarse

Variables	Método
Color	Evaluación sensorial
Aroma	Evaluación sensorial
Sabor	Evaluación sensorial
Aceptabilidad	Evaluación sensorial

3.4.3 MÉTODOS DE EVALUACIÓN: VARIABLES CUANTITATIVAS

Las variables cuantitativas fueron determinadas en el Laboratorio de Uso Múltiple de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.

a) **En materia prima:** Panoja de ataco *Amaranthus hybridus l.*

- ❖ **Peso inicial:** Se determinó el peso de la panoja de ataco troceada en la bandeja con la ayuda de una balanza gramera para conocer la cantidad exacta de panoja al inicio del proceso de deshidratación, para poder realizar un control de pérdida de peso durante el tiempo que dure el proceso.
- ❖ **Humedad:** La humedad es un parámetro muy importante que influye en la vida útil de productos. La determinación de la humedad en la panoja de ataco se realizó con el fin de conocer la cantidad de agua que contiene la panoja al inicio del proceso y se determinó con la ayuda de una balanza infrarroja. El análisis se lo efectuó en los laboratorios de la Facultad en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.
- ❖ **Polifenoles Totales:** La determinación del contenido total de polifenoles, se llevó a cabo utilizando el método MO-LSAIA-31. Se realizó el análisis de

polifenoles totales en los laboratorios de la Estación Experimental Santa Catalina a la materia prima.

b) En producto final: Panoja de ataco *Amaranthus hybridus L.*

❖ **Peso final:** Con la ayuda de una balanza analítica se determinó el peso del producto seco (panoja de ataco) una vez culminado el proceso de secado, con los datos obtenidos se pudo determinar el rendimiento de acuerdo al peso del producto. Además, se registró las mediciones de peso durante el proceso de secado cada 10 minutos durante las 2 primeras horas y 30 minutos para poder determinar las curvas de secado hasta llegar a humedad constante.

❖ **Rendimiento:** Este proceso fue necesario para determinar la pérdida de agua en la panoja de ataco y así conocer la diferencia entre el peso inicial y el peso final, para determinar el rendimiento obtenido y los costos en la producción.

$$\text{Cálculo \% de rendimiento} = \frac{\text{Peso final (pf)}}{\text{Peso \% inicial (Pi)}} \times 100$$

❖ **Actividad de agua:** Para el análisis de dicha variable se realizó en el equipo marca Aw-WERT - MESSER, para cada especie. La actividad de agua tiene un valor máximo de 1 y mínimo de 0. El análisis se lo realizó en los laboratorios de la Facultad en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.

❖ **Humedad:** La determinación de humedad se la realizó con el objetivo de conocer el porcentaje de agua que se encuentra en el producto final, esta medición se la realizó con la ayuda de una balanza infrarroja en cada una de las unidades experimentales.

En la Norma INEN 2392, hierbas aromáticas. Requisitos, indica que para un producto deshidratado o plantas aromáticas deshidratadas debe tener máximo el 12% de humedad. El análisis se lo realizó en los laboratorios de la Facultad en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.

- ❖ **Densidad verdadera:** La densidad es una magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen, la misma que será calculada con la siguiente formula: $d=m/v$.

Dónde:

d: densidad

m: masa contenida

v: volumen

- ❖ **Densidad aparente:** Para la determinación de la densidad aparente se realizó la medición del área de secado.

- ❖ **Contenido de cenizas:** Para el análisis de la variable se llevó a cabo por medio de incineración seca y consiste en quemar la sustancia orgánica de la muestra problema en la mufla a una temperatura de $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$., con esto la sustancia orgánica se combustiona y se forma el CO_2 , agua y la sustancia inorgánica (sales minerales) se queda en forma de residuos, la incineración se lleva a cabo hasta obtener una ceniza color gris o gris claro.

Además, las cenizas en los alimentos están constituidas por el residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha quemado. Las cenizas obtenidas no tienen necesariamente la misma composición que la materia mineral presente en el alimento original, ya que pueden existir

pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los constituyentes. (quiminet, 2009)

En general, cualquier alimento natural tendrá menos de 5 por ciento de cenizas en el contenido, mientras que algunos alimentos procesados pueden tener un contenido de cenizas de más del 10 por ciento. (Michael Baker).

- ❖ **Polifenoles Totales:** La determinación del contenido total de polifenoles, se llevó a cabo utilizando el método MO-LSAIA-31. Se realizó un análisis de polifenoles totales en los laboratorios de la estación experimental santa catalina, lo cual sirvió para determinar el tratamiento que mejor guarda polifenoles totales para la elaboración de tisanas.

- ❖ **Curvas de secado:** Para obtención de las curvas de secado se tomó datos experimentales que se lograron mediante un secador eléctrico que consiste en un sistema de calentamiento y velocidad de aire.

Se obtuvo las curvas de secado en base a los diferentes factores para poder obtener datos comparativos y determinar el valor óptimo para el proceso de secado. Para pesar la muestra para cada tratamiento se utilizó una balanza analítica y se registró datos cada 10 minutos durante las tres primeras horas y las siguientes cada 30 minutos, para determinar la pérdida cuantitativa de agua de la panoja de ataco.

Para la determinación de la humedad relativa promedio se tomó datos diarios de temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo con un termómetro, sin embargo, el cálculo se lo realizó con la ayuda de la carta psicrométrica, los datos se muestran en el Anexo 1 y 2. Las curvas de mayor interés en la cinética de secado son: la humedad libre vs tiempo y velocidad de secado vs humedad libre.

3.4.4 MÉTODOS DE EVALUACIÓN: VARIABLES CUALITATIVAS

Las variables cualitativas que se analizaron fueron olor, color, aroma y aceptabilidad del producto de cada uno de los tratamientos. El análisis sensorial se realizó al mejor tratamiento a diferentes mezclas de hierbas aromáticas sin azúcar, según los resultados de las variables cuantitativas, con un panel de 15 degustadores, conformado por estudiantes de la escuela de ingeniería agroindustrial, se realizó una encuesta diseñada para la determinación de la mejor aceptabilidad para los degustadores. Para la evaluación de los datos registrados, se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman, donde:

$$\chi^2 = \frac{12}{rxt(t+1)} \sum R^2 - 3r(t+1)$$

r = Numero de degustadores.

t = Tratamientos.

R² = Rangos al cuadrado.

3.4.5 ANÁLISIS DE LABORATORIO

Se realizó además análisis microbiológico al mejor tratamiento obtenido anteriormente, dichos análisis son los siguientes:

- Recuento de Enterobacterias
- Recuento de Mohos.
- Recuento de Levaduras.
- Recuento de E. Coli.
- Salmonella
- Shigella

3.5 MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.5.1 MÉTODO DE PROCESAMIENTO

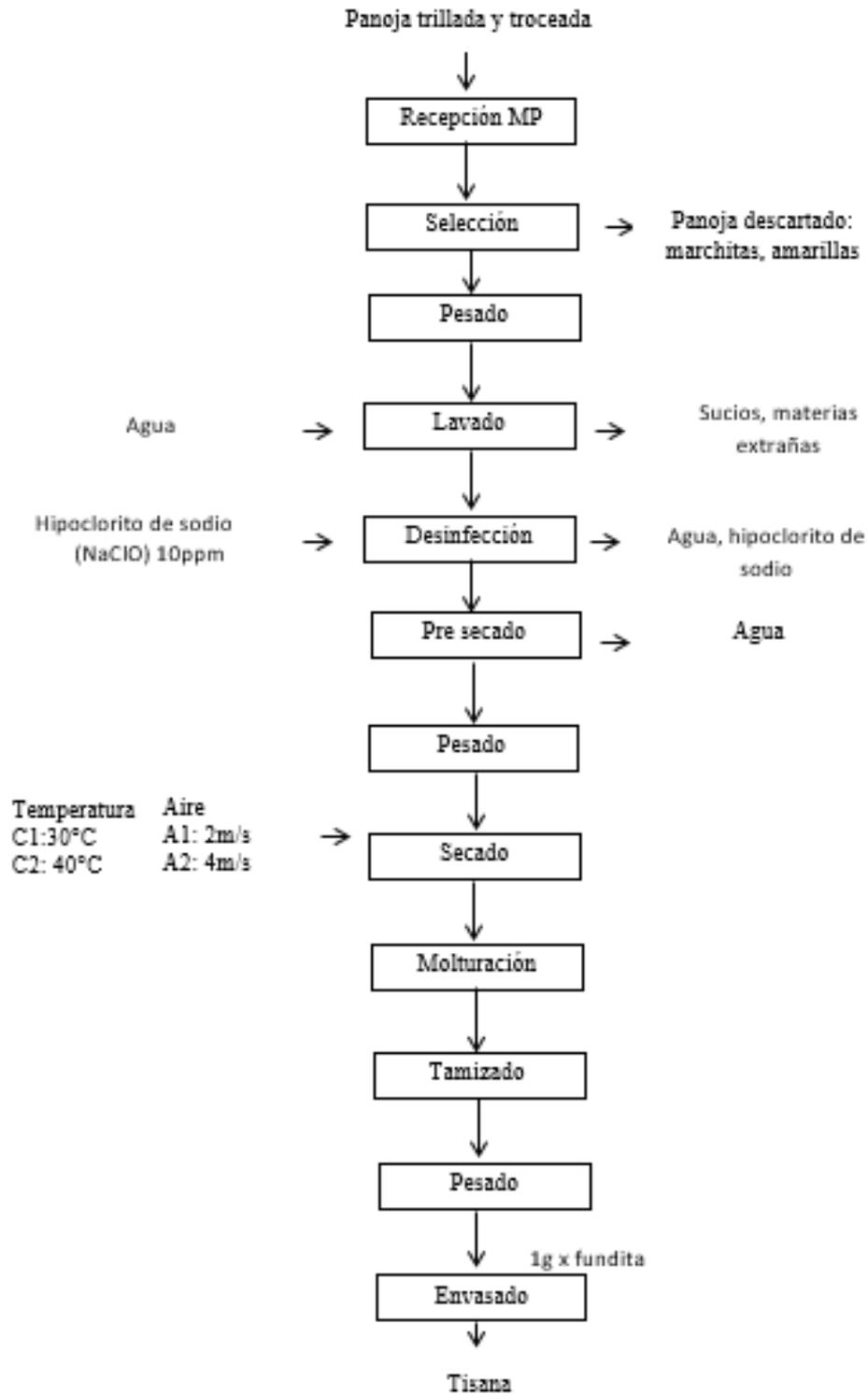


Figura 15: Diagrama de bloque de obtención de tisana de paja de ataco

3.5.2 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE TISANAS DE ATACO

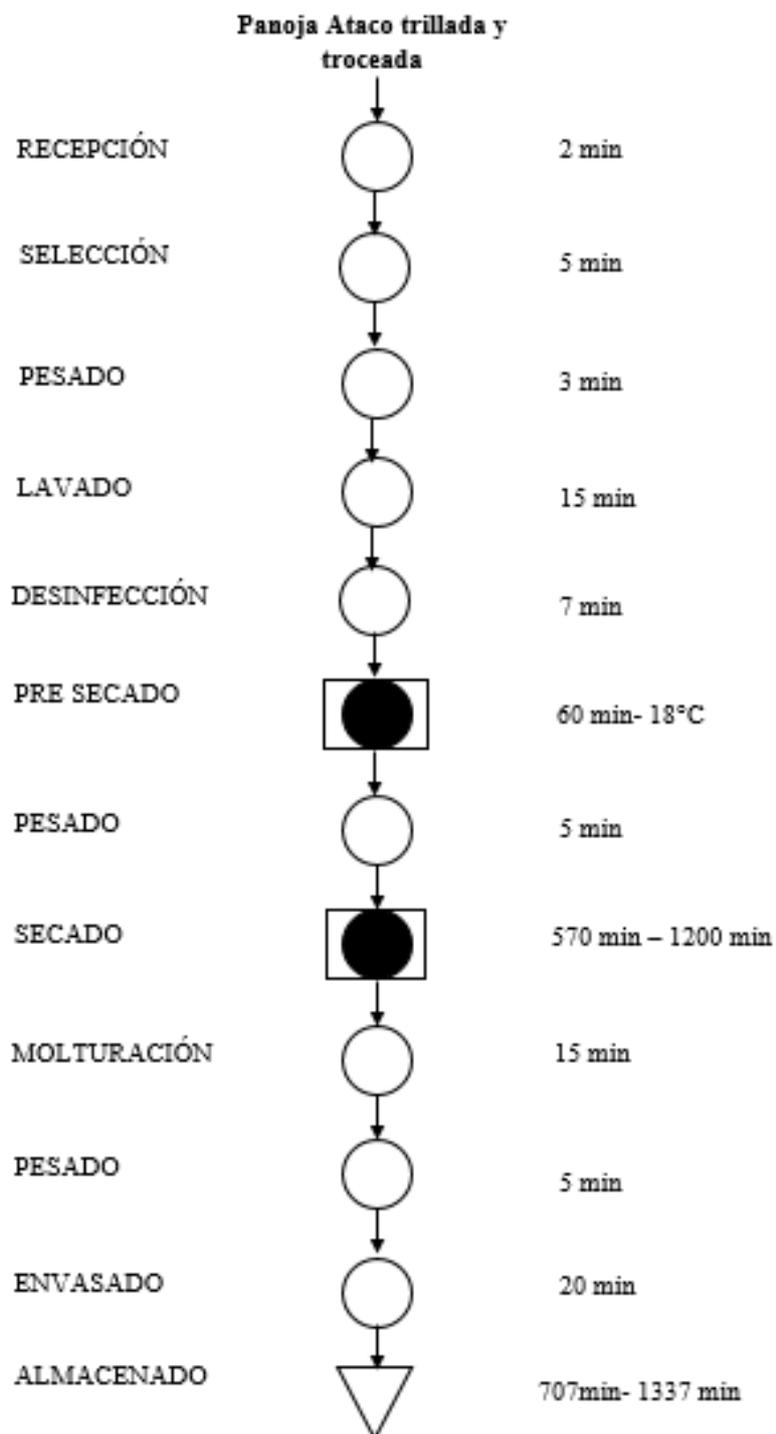


Figura 16: Diagrama de flujo para la obtención de tisanas de ataco

3.5.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Recolección de panoja de Ataco. - La recolección de la panoja se la realiza en horas de la mañana, esta actividad se hace con guantes y podadora, cortando al filo de cada panoja para realizar un previo oreo al sol y facilitar el trillado, donde se realiza la separación de panoja y grano.



Fotografía 2: Recolección de planta de Ataco

Recepción. - Se recibió la materia prima, observando que se encuentre libre de materiales extraños como material vegetativo, residuos de suelo, piedras, plásticos entre otros que afecten la calidad del producto fresco.



Fotografía 3: Recepción

Selección. - Se seleccionó la materia prima (panoja de ataco) con características propias, que no estén marchitas ni muestren materias extrañas, daños causados por insectos y animales, pudrición, ataques de hongos.



Fotografía 4:Selección

Pesaje 1.- Después de la realización de la selección de la materia prima se procede a pesar para la determinación del porcentaje de rendimiento con la ayuda de una balanza.



Fotografía 5: Pesaje 1

Lavado. - Se realizó este procedimiento para la eliminación de impurezas residuales como tierra o materias extrañas, la limpieza de la materia prima se la realiza con agua potable.



Fotografía 6: Lavado

Desinfección. - Una vez lavada la materia prima se desinfecta con una solución de hipoclorito de sodio 10 ppm por litro de agua, con el fin de eliminar la carga microbiana presente.



Fotografía 7: Desinfección

Pre secado. - Se colocó la panoja en bandejas perforadas para que el agua fluya después del lavado, se dejó a temperatura ambiente (18°C) por 60 min, tiempo en el cual ayudará a eliminar el agua excedente adquirida en el proceso anterior.



Fotografía 8: Pre secado

Pesaje 2.- Una vez terminado el tiempo de pre secado se pesa la cantidad requerida por los factores a evaluar.



Fotografía 9: Pesaje 2

Secado. - Las bandejas perforadas con el peso correspondiente a los tratamientos se introducen en el secador con aire caliente.



Fotografía 10: Secado

Molturación. - El material seco se trituró en un molino de discos, la molturación realizada fue leve para facilitar el empaque y preparación del producto.



Fotografía 11: Molturación

Pesaje 3.- Se pesa el material seco para determinar el rendimiento del producto.



Fotografía 12: Pesaje 3

Envasado. - El producto molido se coloca en un recipiente estéril para facilitar el empaque, el cual se lo realizará en fundas de papel filtrante manualmente con peso aproximado de 1g.



Fotografía 13: Envasado

Mezcla con otras hierbas aromáticas. - El material deshidratado de ataco se lo mezcla con otras hierbas aromáticas (hierba luisa, cedrón, menta) mejoradoras de aroma para la evaluación sensorial, este proceso se lo realiza conjuntamente en el envasado.

Tabla 13: Mezcla de hierbas aromáticas

Hierba Aromática	% Hierba Aromática	% Ataco deshidratado
	0	100
Hierba Luisa	20	80
	40	60
	0	100
Cedrón	20	80
	40	60
	0	100
Menta	20	80
	40	60

Capítulo IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente trabajo de investigación “Secado de la panoja de ataco *Amaranthus hybridus* L. Para la elaboración de tisanas con alto contenido de polifenoles totales”, se da a conocer los siguientes resultados:

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

En la Tabla 14 se presenta los resultados del análisis proximal de la panoja de ataco utilizada en el secado para la obtención de tisanas como producto final. Como se puede observar, el porcentaje de polifenoles totales son apropiados para realizar la investigación

Tabla 14: Análisis proximal de la panoja de Ataco

Humedad (%)	74,57
Proteína (%)	11,76
Fibra (%)	20,32
Cenizas (%)	11,06
E.E. (%)	1,56
E.L.N (%)	55,30
Polifenoles Totales mg/g	17,15
Sodio (%)	0,04
Calcio (%)	1,46
Hierro (ppm)	242
Potasio (%)	5,15
Fósforo (%)	0,65
Magnesio (%)	0,51
Cobre (ppm)	12,00
Manganeso (ppm)	74,00
Zinc (ppm)	74,00

Fuente: Laboratorio experimental INIAP (Santa Catalina)

4.2 DETERMINACIÓN DE VARIABLES EVALUADAS

4.2.1 MÉTODOS DE EVALUACIÓN CUANTITATIVOS.

4.2.1.1 Análisis físicos

4.2.1.1.1 densidad verdadera (kg/m³)

La determinación de la densidad verdadera, se realizó con una cantidad de 5g de panoja de ataco seca, la misma se colocó en una probeta contenida de 100ml de thiner, debido a que su densidad es menor, según el método Coutho 1985.

A continuación, se detallan los valores medidos para los diferentes tratamientos.

Tabla 15: Densidad verdadera (kg/m^3) de la tisana de panoja de ataco

TRAT/REPET.	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
T1	1,87	1,63	1,75	5,25	1,75
T2	1,31	1,21	1,32	3,84	1,28
T3	2,34	2,27	2,34	6,95	2,32
T4	2,2	2,18	2,18	6,56	2,19
T5	1,46	1,60	1,60	4,66	1,55
T6	1,51	1,52	1,55	4,58	1,53
T7	2,30	2,37	2,28	6,95	2,32
T8	2,57	2,51	2,47	7,55	2,52

Correa Benito (2011) define a la densidad a la relación entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa, esta propiedad está relacionada con la flotabilidad, donde una sustancia flota sobre otra si su densidad es menor. La densidad es una característica específica de cada sustancia, en las hierbas aromáticas secas no varía con la presión y la temperatura.

El solvente thinner ($0,8 \text{ g/cm}^3$) es más liviano que el agua (1 g/cm^3), al agregarle el ataco seco, se obtuvo un volumen diferencial a partir del cual se obtiene la densidad de la muestra.

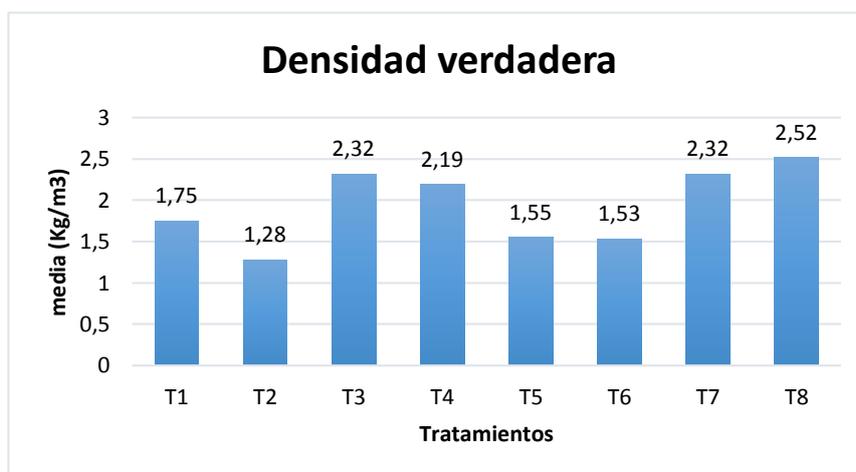


Gráfico 1: Representación gráfica de la variable densidad verdadera (kg/m^3) de tisanas de panoja de ataco

Según el gráfico 1, se observa que el tratamiento T2 presenta una menor densidad de $1,28 \text{ kg/m}^3$ con relación a los demás tratamientos, mientras el tratamiento T8 presenta una mayor

densidad verdadera de 2,52 kg/m³. Por lo tanto, la velocidad de aire en el proceso de secado no tuvo un efecto significativo sobre la densidad.

4.2.1.1.2 densidad aparente (kg/m³)

La determinación de la densidad aparente, se realizó mediante el cálculo de volumen de secado, para determinar la cantidad que se reduce de materia prima en el área determinada, el valor de la densidad aparente se obtuvo mediante la ecuación de la densidad.

A continuación, se detallan los valores medidos para los diferentes tratamientos

Tabla 16: Densidad aparente (kg/m³) de la tisana de panoja de ataco

TRAT/REPT.	R1	R2	R3	Sumatoria	Media
T1	2,52	2,47	2,46	7,45	2,48
T2	1,98	1,98	1,91	5,87	1,96
T3	3,29	3,39	3,37	10,05	3,35
T4	2,86	3,07	3,07	9,00	3,00
T5	2,21	2,24	2,24	6,69	2,23
T6	2,28	2,31	2,27	6,86	2,29
T7	2,99	3,33	3,20	9,52	3,17
T8	3,37	3,29	3,20	9,86	3,29

Según Asociación Europea para las Especies - Programa conjunto de la FAO/OMS sobre normas alimentarias comité sobre especias y hiervas culinarias (2014), las Especificaciones de Mínimos de Calidad para Hierbas y Especies de la Asociación Europea, la densidad aparente debe acordarse entre el comprador y el vendedor, debido a la variabilidad de las metodologías.

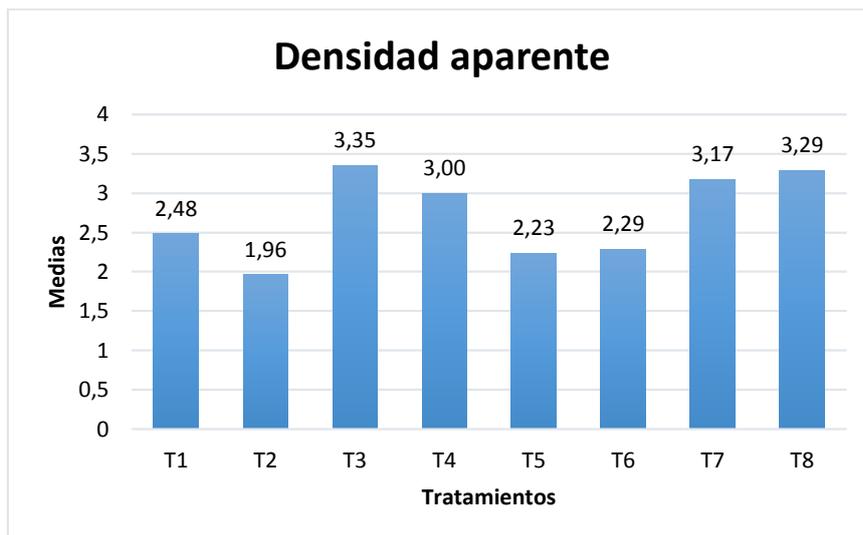


Gráfico 2: Representación gráfica de la variable densidad aparente (kg/m^3) de tisanas de panoja de ataco

De acuerdo al gráfico 2, se aprecia que el tratamiento T2 presenta una menor densidad aparente de $1,960 \text{ kg/m}^3$ en relación a los demás tratamientos, mientras, que el tratamiento T3 indica una mayor densidad aparente de $3,35 \text{ kg/m}^3$. Lo que muestra, la velocidad de aire, en el proceso de secado no tuvo un efecto significativo sobre la densidad.

4.2.1.1.3 actividad de agua (a_w)

Con el fin de determinar la actividad de agua, se tomó 1g de muestra de producto seco y se colocó en un equipo marca Aw-WERT-MESSER durante una hora.

A continuación, se detallan los valores medidos para los diferentes tratamientos.

Tabla 17: Actividad de agua (a_w) de la tisana de panoja de ataco

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	0,59	0,61	0,60	1,80	0,60
T2	0,57	0,60	0,57	1,74	0,58
T3	0,57	0,59	0,56	1,72	0,57
T4	0,57	0,59	0,55	1,71	0,57
T5	0,55	0,53	0,53	1,61	0,54
T6	0,48	0,50	0,47	1,45	0,48
T7	0,52	0,48	0,50	1,50	0,50
T8	0,60	0,61	0,59	1,80	0,60
SUMA	4,45	4,51	4,37	13,33	0,55

Según la Asociación Europea para las Especies - Programa conjunto de la FAO/OMS sobre normas alimentarias comité sobre especias y hierbas culinarias (2014) menciona que las Especificaciones de Mínimos de Calidad para Hierbas y Especies de la Asociación Europea, la actividad del agua es un parámetro clave que afecta al crecimiento microbiológico. Por tanto, la ESA recomienda un valor máximo deseable de 0,65.

De acuerdo a la tabla 17 todos los tratamientos cumplen con la Norma, la cual recomienda que el valor máximo sea de 0,65 ya que la actividad de agua influye directamente en las cualidades organolépticas, estabilidad en almacenamiento y reacciones enzimáticas, por lo tanto, es el mejor indicador de perecibilidad y seguridad de un producto. Además, se observa que todos los tratamientos se encuentran en un rango desde 0,48 a 0,60. Sin embargo, se tomó como mejor tratamiento a T6 con una actividad de agua de 0,48 debido a que es el valor más bajo de acuerdo al valor máximo recomendado por (Asociación Europea para las Especies, 2014).

La relación de concentraciones entre agua “libre” y agua “ligada” se incrementa a medida que el producto contiene más agua. Mientras en los deshidratados, dicha relación se reduce considerablemente Badui (2012). Según la figura 5 citada por Casp Vanaclocha & Abril Renquena, (2008) el tratamiento T6 (4m/s de velocidad de aire + 0.600 kg/m² de densidad de carga + 40°C de temperatura de secado) se encuentra en la zona II donde el crecimiento microbiano es bajo. Sin embargo, de acuerdo con la investigación el tratamiento T7 (4m/s

de velocidad de aire + 0.600 kg/m² de densidad de carga + 40°C de temperatura de secado) es el mejor tratamiento por su contenido de polifenoles totales, el cual cumple con la norma en contenido de a_w e integra la zona II, donde el agua se localiza en diferentes capas más estructuradas y en microcapilares.

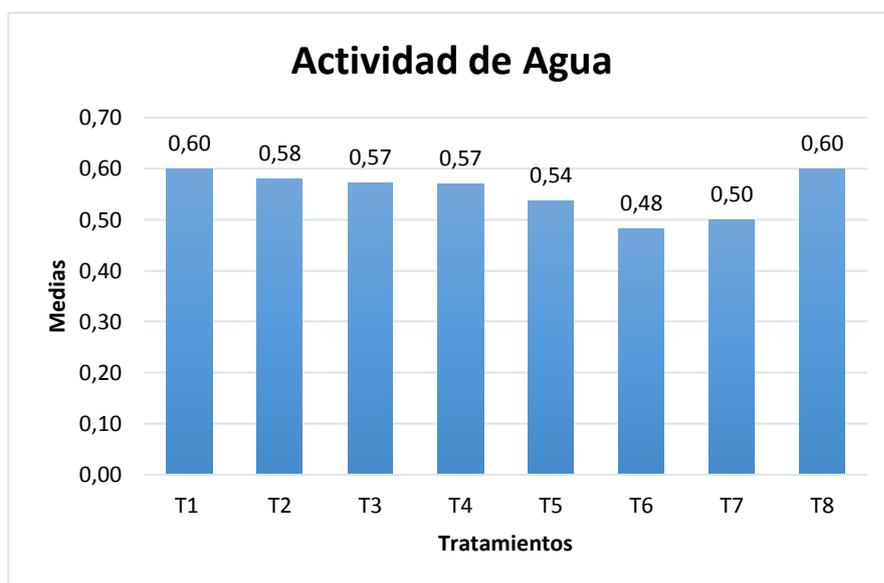


Gráfico 3: Representación gráfica de la variable actividad de agua (a_w) de tisanas de paja de ataco

Según el gráfico 3 se aprecia que el tratamiento T6 presenta la menor actividad de agua, una vez culminado el proceso de secado, en relación a los diferentes tratamientos, mientras que, los tratamientos T7 y T5 de acuerdo al análisis indican que son recomendables para la producción de tisanas.

De acuerdo a la investigación, en la variable de actividad de agua se puede observar que al incrementar 10 °C de temperatura, 2 m/s de velocidad de secado y 0.400 kg, el contenido de actividad del agua no varía significativamente y permanece bajo la norma.

4.2.1.1.4 humedad (%)

Con el fin de determinar el porcentaje de humedad, se tomó una muestra de panoja de ataco seca y se la colocó en la balanza infrarroja, la cual arroja el porcentaje de humedad presente en el producto, el proceso se lo realizó por triplicado para obtener una media para cada tratamiento.

En el siguiente cuadro se detallan los valores medidos en la variable Humedad en el producto terminado.

Tabla 18: Humedad (%) de la tisana de panoja de ataco

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	9,94	11,16	11,81	32,91	10,97
T2	6,94	8,08	8,05	23,07	7,69
T3	7,99	6,98	7,96	22,93	7,64
T4	5,92	5,98	5,99	17,89	5,96
T5	11,52	9,98	9,01	30,51	10,17
T6	6,93	6,85	6,95	20,73	6,91
T7	7,87	7,91	8,98	24,76	8,25
T8	5,99	5,66	7,92	19,57	6,52
SUMA	63,10	62,60	66,67	192,37	8.02

Según la NTE INEN 2392– Hierbas aromáticas requisitos (2013), el porcentaje de humedad máximo es del 12%.

La tabla 18 presenta una variabilidad en los porcentajes de humedad entre los tratamientos donde el menor es el tratamiento T4 con 5,96% y el máximo es el tratamiento T1 con 10,97%, humedades inferiores a lo sugerido por la norma. Sin embargo, se tomó como mejor tratamiento a T4 por ser el porcentaje de humedad más bajo, ya que, los productos secos se encuentran exentos de microorganismos patógenos y sustancias tóxicas, que puedan ocasionar un peligro para la salud.

Sin embargo de acuerdo a la investigación el mejor tratamiento es el T7 por su contenido de polifenoles, el cual presenta un porcentaje de humedad de 8,25%, rango que se encuentra bajo la norma NTE INEN 2392- Hierbas aromáticas requisitos (2013).

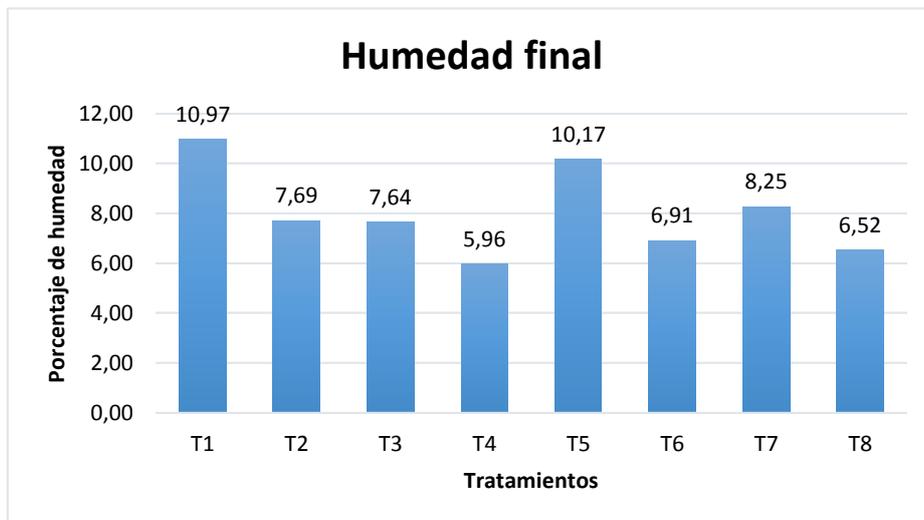


Gráfico 4: Representación gráfica de la variable humedad final (%) de tisanas de panoja de ataco

En el gráfico 4 se aprecia que el tratamiento T4 indica menor porcentaje de humedad, el cual se obtuvo una vez culminado el proceso de secado, en relación a los demás tratamientos, seguido de los tratamientos T8 y T6 siendo los tratamientos recomendables para la producción de tisanas.

Geankoplis (1998), dice que los microorganismos dejan de ser activos cuando el contenido de agua se reduce por debajo del 10% en peso, sin embargo, generalmente es necesario reducir este contenido de humedad por debajo del 5% en peso, para preservar el sabor y su valor nutritivo.

De acuerdo a la investigación a temperatura constante el valor de la humedad es directamente proporcional a la velocidad de secado, es decir, que el incremento de la velocidad de secado efectiviza la eliminación de humedad superficial del producto. A mayor velocidad de secado mayor eliminación de agua libre, a menor velocidad de secado menor eliminación de agua ligada.

4.2.1.1.5 Rendimiento de producto seco (%)

Con el fin de obtener el porcentaje de rendimiento del producto se toma en cuenta el peso de ingreso a la etapa de secado de acuerdo a cada tratamiento, una vez culminado el tiempo de secado se procede a pesar el producto seco, mediante la ecuación de rendimiento se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 19: Rendimiento (%) de la tisana de panoja de ataco

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	18,66	17,66	17,50	53,82	17,94
T2	14,16	14,16	13,16	41,48	13,83
T3	15,20	16,60	16,20	48,00	16,00
T4	13,40	13,90	13,90	41,20	13,73
T5	15,83	16,00	16,00	47,83	15,94
T6	16,33	16,50	16,83	49,66	16,55
T7	14,20	15,40	14,80	44,40	14,80
T8	16,70	16,30	14,80	47,80	15,93
SUMA	124,48	126,52	123,19	374,19	15,59

Tabla 20: Análisis de la varianza

F.V.	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	47,665	23				
Trat.	42,126	7	6,018	17,383 **	2,66	4,03
FA	1,122	1	1,122	3,2421 ns	4,49	8,53
FB	5,405	1	5,405	15,614 **	4,49	8,53
FC	8,062	1	8,062	23,287 **	4,49	8,53
IAB	0,025	1	0,025	0,073 ns	4,49	8,53
IAC	24,746	1	24,746	71,479 **	4,49	8,53
IBC	2,106	1	2,106	6,083 *	4,49	8,53
IABC	0,659	1	0,659	1,903 ns	4,49	8,53
Error	5,539	16	0,346			

CV: 3,770%

** : Alta significancia

* : Significancia

NS: no significancia

Realizado el análisis de varianza efectuado para la variable rendimiento, se detectó alta significación estadística para tratamientos, así como también para el factor B (Densidad de carga) y factor C (Temperatura de secado), lo que quiere decir que cada uno influyó de forma diferente en esta variable. De igual manera se observó una alta significancia estadística para la interacción Ax C (velocidad de aire y temperatura de secado) lo que significa que la combinación de factores influyó directamente en el valor de la variable medida.

El coeficiente de Variación es de 3,770%, valor aceptable dentro de este tipo de investigaciones, puesto que se ejecutan en condiciones controladas en laboratorio. Se realizó las pruebas correspondientes de Tukey para tratamientos, Diferencia Mínima Significativa para los factores y las correspondientes gráficas de interacción.

Tonguino (2011) manifiesta que en su investigación: con respecto a 3 cm de espesor; por cada 3 kg de planta entera de menta se obtiene alrededor de 0,156 kg de hojas secas equivalente a un porcentaje de 5,2 % de rendimiento. Mientras que para el espesor de 5 cm; por cada 5 kg de planta entera de menta se obtiene alrededor de 0,420 kg de hojas secas equivalente a un porcentaje de 8,4 % de rendimiento.

De acuerdo a la propuesta del T1 (2m/s de velocidad de aire + 0.600 kg/m² de densidad de carga + 30°C de temperatura de secado) se obtiene un rendimiento del 17,94%, y para el T7 (4m/s de velocidad de aire + 1 kg/m² de densidad de carga + 30°C de temperatura de secado) se alcanza un rendimiento de 14,80%, rendimiento superior al de Tonguino (2011) en un 9,54% en base al mejor tratamiento T1 y un 5,26% en relación al T7 mejor tratamiento de acuerdo al contenido de polifenoles.

Tabla 21: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos: Rendimiento

Tratamientos	Medias	Tukey
A1B1C1	17,94	a
A2B1C2	16,55	b
A1B2C1	16,00	b c
A2B1C1	15,94	b c
A2B2C2	15,93	b c d
A2B2C1	14,80	c d e
A1B1C2	13,83	e
A1B2C2	13,73	e

Al analizar los resultados de la prueba de Tukey para la variable rendimiento después del proceso de secado se encontró la significación estadística observándose ocho rangos con un comportamiento diferente de los cuales el tratamientos en el rango “a” es el que representa la mejor media de rendimiento luego del proceso, siendo el mejor tratamiento el T1, debido a que este tratamiento es el que registra el mayor valor en la media en cuanto a rendimiento, lo que demuestra que es el tratamiento que mejor respondió al proceso de secado.

Tabla 22: Prueba Diferencia Mínima Significativa para el Factor A (velocidad de secado)

Tratamientos	Medias	DMS
A2	15,81	a
A1	15,38	a

Al realizar Diferencia Mínima Significativa para el factor A, se observa que A1 (velocidad de secado 2 m/s), A2 (velocidad de secado 4 m/s) presentan el mismo rango, existiendo una mínima diferencia matemática.

Tabla 23: Prueba Diferencia Mínima Significativa para el Factor B (densidad de carga)

Tratamientos	Medias	DMS
B1	16,07	a
B2	15,12	b

En la prueba de significación Diferencia Mínima Significativa para el factor B, se puede observar que B1 (densidad de carga 0.600 kg/m²) presenta la mayor media y le corresponde el rango “a”, lo que significa que la densidad de carga influye en el rendimiento del producto final.

Tabla 24: Prueba DMS para el Factor C (temperatura de secado)

Tratamientos	Medias	DMS
C1	16,17	a
C2	15,01	b

En la prueba de significación Diferencia Mínima Significativa para el factor C, se puede observar que C1 (temperatura de secado 30°C) presenta la mayor media y le corresponde el rango “a”, lo que significa que la temperatura de secado influye en el rendimiento del producto seco.

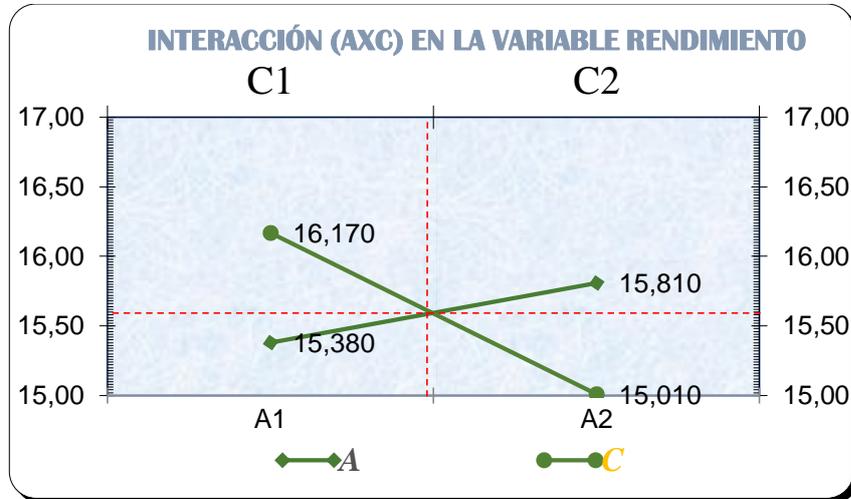


Gráfico 5: Interacción de los factores A (Velocidad de secado) y C (Temperatura de secado) en la variable rendimiento para las tisanas de pajoja de ataco

En el gráfico 5 se puede apreciar el punto crítico en la interacción de los factores A (Velocidad de secado) y C (Temperatura de secado), de la variable rendimiento del producto terminado. La interacción de estos dos factores dio como resultado un valor de 15,60. Esta gráfica revela que la combinación de velocidad de secado y la temperatura de secado influyeron en el rendimiento del producto seco indica la pérdida de agua en el producto final.

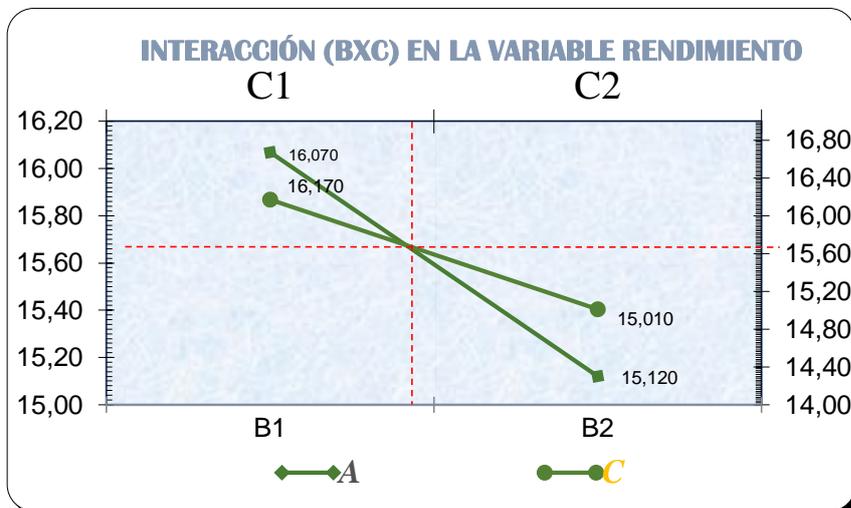


Gráfico 6: Interacción de los factores B (Densidad de carga) y C (Temperatura de secado) en la variable rendimiento para las tisanas de pajoja de ataco

En el gráfico 6 se observa el punto crítico en la interacción de los factores B (Densidad de carga) y C (Temperatura de secado) de la variable rendimiento del producto terminado. La interacción de estos dos factores dio como resultado un valor de 15.67. Esta gráfica revela que la combinación de velocidad de secado y la temperatura de secado influyeron en el rendimiento del producto seco, que indica la pérdida de agua en el producto final.

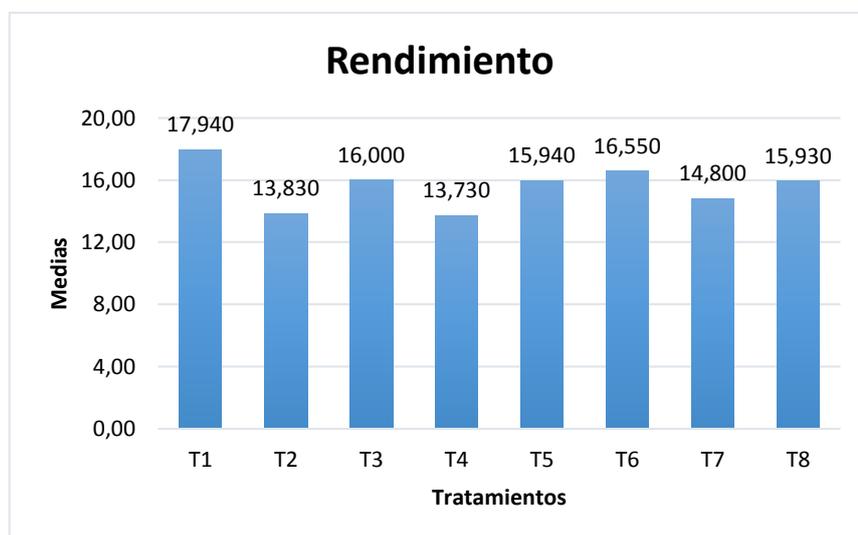


Gráfico 7: Representación gráfica de la variable rendimiento (%) de tisanas de panoja de ataco

En el gráfico 7, se observa la variabilidad en los porcentajes de rendimiento para los tratamientos, donde el tratamiento T1 (2m/s de velocidad de aire + 0.600 kg/m² de densidad de carga + 30°C de temperatura de secado) es el mejor con 17,94% y el tratamiento T4 (2m/s de velocidad de aire + 1 kg/m² de densidad de carga + 40°C de temperatura de secado) presenta el rendimiento más bajo de 13,73%, el cual se obtuvo una vez culminado el proceso de secado mediante la ecuación de porcentaje de rendimiento. Sin embargo, de acuerdo con la investigación el T7 es el mejor tratamiento por su contenido de polifenoles totales con un rendimiento de 14,80%

4.2.1.2 análisis químico.

4.2.1.2.1 cenizas

La determinación del porcentaje de cenizas, se realizó con una cantidad de 1,5g de panoja de ataco seca, donde la muestra se colocó en una mufla de $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ y por incineración se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 25: Cenizas totales (%) de las tisanas de panoja de ataco

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	11,70	10,60	12,00	34,30	11,43
T2	11,10	11,10	11,90	34,10	11,37
T3	11,20	10,80	11,08	33,08	11,03
T4	11,54	11,32	11,01	33,87	11,29
T5	10,95	11,07	10,88	32,90	10,97
T6	11,09	11,15	11,16	33,40	11,13
T7	10,65	11,09	11,13	32,87	10,96
T8	10,62	9,96	11,04	31,62	10,54

En la NTE INEN 1122, Café soluble requisitos: menciona que el porcentaje máximo de cenizas totales es 14% mediante el método de la NTE INEN 1117 donde el contenido de cenizas totales se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$C = \frac{m1 - m}{m2 - m} * 100$$

Donde:

C = cantidad de cenizas, en porcentaje de masa;

m = masa de la cápsula vacía, en g;

m1 = masa de la cápsula con el producto (después de la incineración), en g;

m2 = masa de la cápsula con el producto (antes de la incineración), en g.

En la tabla 25 se puede apreciar que el porcentaje de cenizas es estadísticamente similar, muestra que la variación de la velocidad influye de manera significativa en el porcentaje de cenizas.

En base a la investigación se considera que a mayor velocidad de secado el porcentaje de cenizas disminuye, en general cualquier alimento natural tendrá menos de 5 por ciento de cenizas en el contenido, mientras que algunos alimentos procesados pueden tener un contenido de cenizas de más del 10 por ciento. (Michael Baker).

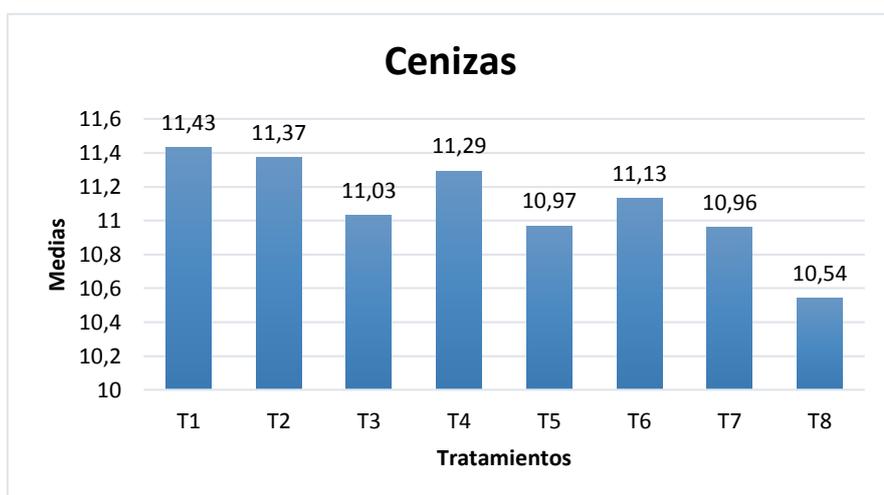


Gráfico 8: Representación gráfica de la variable cenizas (%) de tisanas de panoja de ataco

En el gráfico 8, se observa similitud en los porcentajes de cenizas para los tratamientos, donde los tratamientos se encuentran en un rango de 10,54% a 11,43% el cual se obtuvo una vez culminado el proceso de secado mediante la ecuación que indica la NTE INEN 1117. Sin embargo, de acuerdo a la NTE INEN 1122 todos los tratamientos se encuentran bajo la norma y no superan el 14%

4.2.1.2.2 *polifenoles totales*

En el siguiente cuadro se detallan los valores medidos en la variable Polifenoles totales en el producto terminado.

Tabla 26: Polifenoles totales (mg/g) de la tisana de panoja de ataco

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	7,21	8,57	5,96	21,74	7,25
T2	12,10	13,63	11,83	37,56	12,52
T3	10,51	11,46	9,10	31,07	10,36
T4	16,82	11,37	11,87	40,06	13,35
T5	8,28	8,81	10,34	27,43	9,14
T6	9,76	10,82	10,16	30,74	10,25
T7	15,69	14,24	13,84	43,77	14,59
T8	8,44	9,71	8,87	27,02	9,01
SUMA	88,81	88,61	81,97	259,39	86,46

Tabla 27: Análisis de la varianza

F.V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	160,648	23				
Trat.	128,793	7	18,399	9,241 **	2,66	4,03
FA	0,090	1	0,090	0,045 ns	4,49	8,53
FB	24,908	1	24,908	12,510 **	4,49	8,53
FC	5,386	1	5,386	2,705 ns	4,49	8,53
IAB	0,024	1	0,024	0,012 ns	4,49	8,53
IAC	60,960	1	60,960	30,618 **	4,49	8,53
IBC	30,128	1	30,128	15,132 **	4,49	8,53
IABC	7,295	1	7,295	3,664 ns	4,49	8,53
Error	31,855	16	1,991			

CV: 13,05%

** : Alta significancia

* : Significancia

NS: no significancia

Realizado el análisis de varianza para la variable contenido de polifenoles totales, se observó una alta significancia para tratamientos, así como también para el factor B (Densidad de carga) lo que quiere decir que el contenido de polifenoles totales del producto terminado se

ve afectado por la densidad de carga. También existió alta significación estadística para las interacciones AxC (velocidad de secado y temperatura de secado) y BxC (densidad de carga y temperatura de secado) indicándose así que la combinación entre los factores influyó en esta variable.

El coeficiente de variación es de 13,05% el cual es un valor aceptable para investigaciones a nivel experimental realizados en condiciones controladas de laboratorio, este valor se debe a los cambios de temperatura y tiempos de secado en cada uno de los tratamientos, también pudo verse influido por la fricción en el proceso de molido, el almacenamiento y transporte de las muestras previo al análisis. Al existir significación estadística se procedió a realizar las pruebas correspondientes de Tukey al 5 % para tratamientos y Diferencia mínima significativa para los factores y las gráficas correspondientes gráficas de interacción.

En la tabla 26 se aprecia los porcentajes de conservación de polifenoles para los tratamientos sometidos a proceso de secado, donde, se observa una variabilidad considerable, los datos reportan que el mejor tratamiento es el T7 debido a que presenta la media más alta de 14.59mg/g. Los resultados coinciden con la tendencia de contenido de polifenoles, donde, mientras menor sea la temperatura de secado y mayor la velocidad en la superficie del producto mayor concentración de polifenoles, por lo tanto, mayor capacidad antioxidante.

En la investigación de Uurrea1, Eim1*, C.Roselló1*, & S.Simal, (2012) se evaluó la degradación del contenido de polifenoles en todo el rango de temperaturas (, 84.2% a 40°C, de 83.3% a 50°C, de 82.6% a 60°C, de 69.3% a 70°C, de 78.6% a 80°C y de 76.3 a 90°C), donde, menciona que los polifenoles fueron más sensibles al largo tiempo de exposición al tratamiento térmico que al efecto de la temperatura. Los valores de degradación son mayores a los obtenidos en el secado de panoja de ataco (14,93%), se deduce que el efecto producido en la zanahoria es similar al de la panoja de ataco.

Tabla 28: Prueba de Tukey al 5% para tratamientos: Polifenoles Totales

Tratamientos	Medias	Tukey
A2B2C1	14,59	a
A1B2C2	13,35	a b
A1B1C2	12,52	a b
A1B2C1	10,36	b c
A2B1C2	10,25	b c
A2B1C1	9,14	c
A2B2C2	9,01	c
A1B1C1	7,25	c

Al analizar los resultados de la prueba de Tukey se encontró significación estadística, se observa 3 rangos con un comportamiento variable, de los cuales los que poseen el rango “a” es el que tiene una mejor media, siendo así el tratamiento T7 es el más destacado debido a su retención de polifenoles totales, demostrando así que en condiciones controladas con el tratamiento T7 se evitó grandes pérdidas de polifenoles totales.

Tabla 29: Prueba DMS para el Factor A (velocidad de secado)

Tratamientos	Medias	DMS
A1	10,87	a
A2	10,75	a

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) para el factor A, se observa que A1 (velocidad de secado 2 m/s), A2 (velocidad de secado 4 m/s) presentan el mismo rango “a”, existiendo una mínima diferencia matemática.

Tabla 30: Prueba DMS para el Factor B (densidad de carga)

Tratamientos	Medias	DMS
B2	11,83	a
B1	9,79	b

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) para el factor B, se puede apreciar que B2 (densidad de carga 0.600 kg/m²) presenta la mayor media y le corresponde

el rango “a”, que expresa que la densidad de carga influye en el contenido de polifenoles totales.

Tabla 31: Prueba DMS para el Factor C (temperatura de secado)

Tratamientos	Medias	DMS
C2	11,28	a
C1	10,33	a

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) para el factor A, se determina que C1 (temperatura de secado 30°C) y C2 (temperatura de secado 40°C) presentan el mismo rango” a”, existiendo una mínima diferencia matemática.

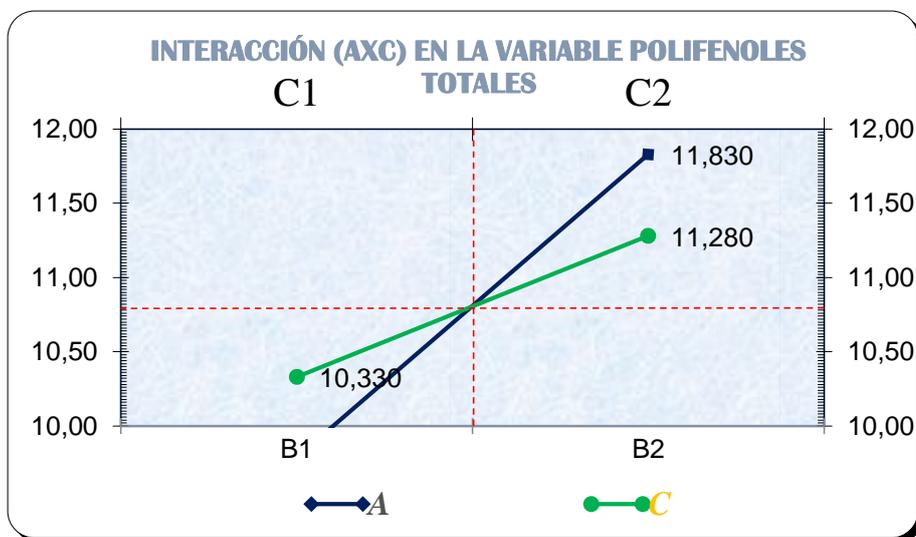


Gráfico 9: Interacción de los factores C (Temperatura de secado) y B (Densidad de carga) en la variable polifenoles totales para las tisanas de panoja de ataco

En el gráfico 9 se puede apreciar el punto crítico en la interacción de los factores B (Densidad de carga) y C (Temperatura de secado), en la variable polifenoles totales del producto seco. La interacción de estos factores dio como resultado un valor de 10,80. Esta gráfica revela que la combinación de la densidad de carga y la temperatura influyeron en el contenido de polifenoles en el ataco.

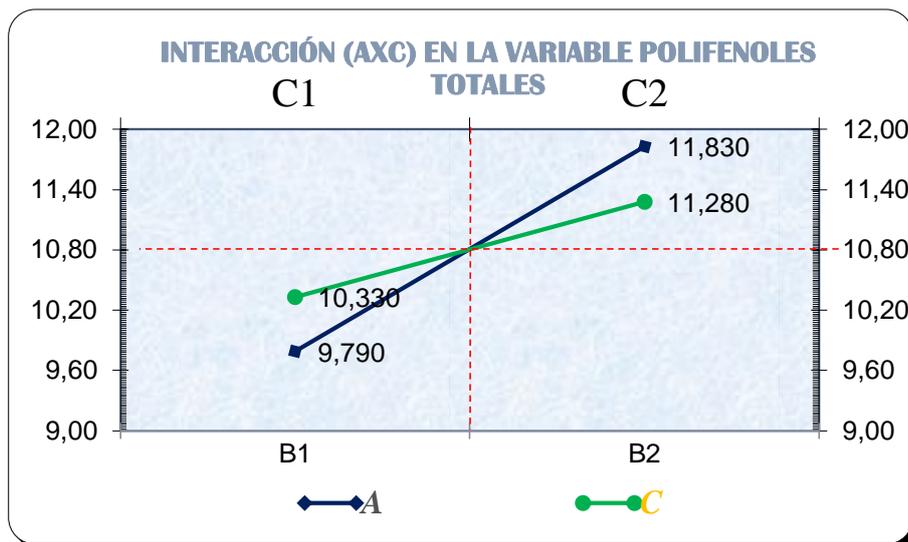


Gráfico 10: Interacción de los factores A (Velocidad de secado) y C (Temperatura de secado) en la variable polifenoles totales para las tisanas de paja de ataco

En el gráfico 10 se puede apreciar el punto crítico en la interacción de los factores B (Densidad de carga) y C (Temperatura de secado) en la variable polifenoles totales. La interacción de estos factores dio como resultado un valor de 10,80. Esta gráfica revela que la combinación de la densidad de carga y temperatura de secado influyeron en el contenido de polifenoles totales.

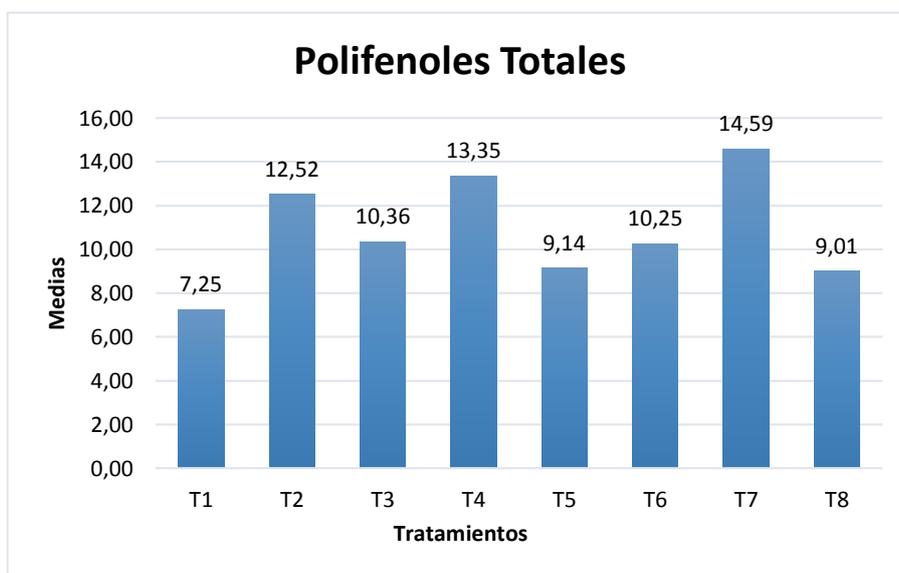


Gráfico 11: Representación gráfica de la variable Polifenoles totales (mg/g) de tisanas de paja de ataco

En el gráfico 11, se observa gran variabilidad en el cálculo de polifenoles totales, puesto que el tratamiento T1 es el que presenta mayor pérdida polifenoles totales (7,25mg/g) y el tratamiento T7 muestra la mejor conservación (14,59mg/g), datos obtenidos una vez culminado el proceso de secado.

4.2.2 CINÉTICA DE SECADO PARA EL T1 (velocidad de secado 2 m/s, densidad de carga 0.600 kg/m² y temperatura de secado 30°C).

AREA m ²	0,499	Nota: El área de bandeja fue de 0,333 m ² , sin embargo, se multiplico por 1,5 debido a que la bandeja es perforada y el flujo de aire es transversal y paralelo. El porcentaje de humedad se registró luego del proceso de desinfección.
peso inicial (kg)	0,600	
% humedad	0,822	
kg H2O	0,493	
S (kg ss)	0,107	
Xbs	4,618	
S/A	0,321	

Tabla 32: Comportamiento de la humedad y velocidad de secado para el tratamiento T1 (A1B1C1).

TIEMPO	PESO	PESO BASE SECA	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD	X-Xe/Xc-Xe
horas	Kg	Kg SS	KgH2O/KgSS	media ^X	KgH2O/hm	
0,00	0,600	0,107	4,607			
0,50	0,578	0,107	4,402	4,505	0,088	3,308
1,00	0,555	0,107	4,187	4,294	0,092	3,160
1,50	0,523	0,107	3,888	4,037	0,128	3,005
2,00	0,492	0,107	3,598	3,743	0,124	2,789
2,50	0,472	0,107	3,411	3,505	0,080	2,580
3,00	0,442	0,107	3,131	3,271	0,120	2,446
3,50	0,421	0,107	2,931	3,031	0,085	2,244
4,00	0,398	0,107	2,723	2,827	0,089	2,100
4,50	0,377	0,107	2,523	2,623	0,085	1,949
5,00	0,352	0,107	2,287	2,405	0,101	1,806
5,50	0,331	0,107	2,093	2,190	0,083	1,635
6,00	0,308	0,107	1,879	1,986	0,092	1,496
6,50	0,282	0,107	1,636	1,757	0,104	1,341

7,00	0,259	0,107	1,421	1,528	0,092	1,165
7,50	0,239	0,107	1,234	1,327	0,080	1,010
8,00	0,224	0,107	1,090	1,162	0,061	0,876
8,50	0,208	0,107	0,947	1,019	0,061	0,772
9,00	0,194	0,107	0,813	0,880	0,057	0,669
9,50	0,180	0,107	0,682	0,748	0,056	0,573
10,00	0,165	0,107	0,542	0,612	0,060	0,478
10,50	0,156	0,107	0,461	0,502	0,035	0,377
11,00	0,148	0,107	0,386	0,424	0,032	0,319
11,50	0,141	0,107	0,318	0,352	0,029	0,265
12,00	0,135	0,107	0,265	0,291	0,023	0,215
12,50	0,131	0,107	0,224	0,245	0,017	0,177
13,00	0,128	0,107	0,193	0,209	0,013	0,148
13,50	0,125	0,107	0,168	0,181	0,011	0,126
14,00	0,122	0,107	0,143	0,156	0,011	0,108
14,50	0,120	0,107	0,118	0,131	0,011	0,090
15,00	0,118	0,107	0,103	0,111	0,007	0,072
15,50	0,116	0,107	0,084	0,093	0,008	0,060
16,00	0,113	0,107	0,056	0,070	0,012	0,047
16,50	0,110	0,107	0,031	0,044	0,011	0,027
17,00	0,108	0,107	0,006	0,019	0,011	0,009

En la obtención de tisanas mediante condiciones controladas de acuerdo al tratamiento T1, el proceso de secado tuvo una duración de 17,00 horas, hasta llegar a la humedad de equilibrio. Se puede acotar que el producto fue sobre secado por un periodo de 2,50 horas, tomando en cuenta que la norma INEN 2392 indica que el porcentaje de humedad en base humedad requerido es del 12% (0.1364 KgH₂O/Kgss).

4.2.2.1 Curva de secado - T1 (A1B1C1)

La curva de secado se realizó para cada tratamiento hasta la obtención de la humedad de equilibrio, en condiciones controladas de laboratorio.

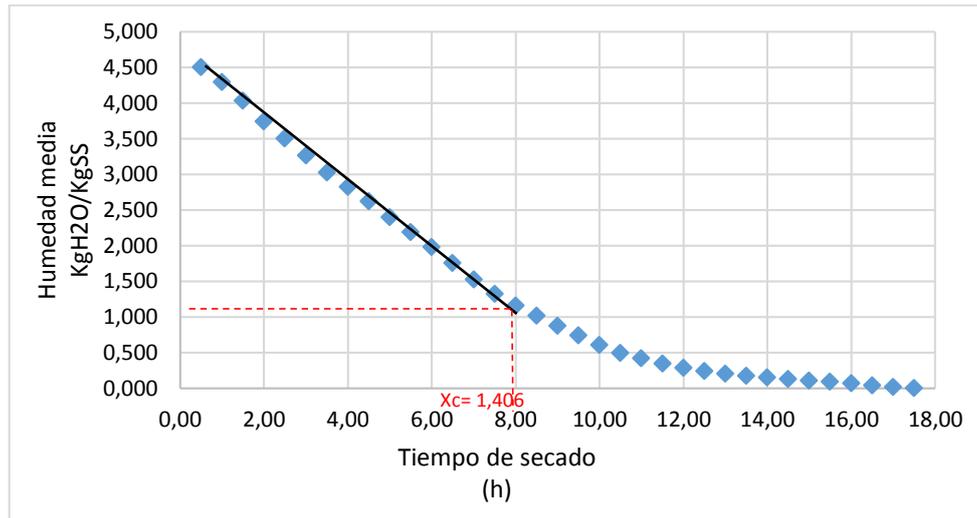


Gráfico 12: Curva de secado T1 (A1B1C1).

El gráfico 12 muestra la curva de secado, donde se pueden distinguir los periodos de secado, el de precalentamiento fue muy corto por lo que no puede percibirse en el gráfico y los datos a menudo se desprecian en los cálculos de secado como lo indica (Ibarz & Barbosa Cánovas, 2014) , el periodo de velocidad constante tuvo una duración de 8,075 horas , durante este periodo la evaporación del agua se efectúa en la superficie del producto a temperatura constante, desde su contenido de humedad inicial $X_0 = 4,607 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ formando una pendiente hasta la humedad crítica $X_c = 1,400 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ y una velocidad crítica $W_c = 0,084 \text{ kgH}_2\text{O/m}^2$. Durante este periodo, el principal mecanismo de transporte de masa es el flujo capilar, debido a que su estructura celular está intacta, el agua se desplaza a través de los capilares hacia la superficie donde es eliminada mencionado por (Colina, Irezabal, 2010). Finalmente, el periodo de velocidad decreciente es aproximadamente de 8,069 horas el cual concluye con una humedad final $X_f = 0,019 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ con una velocidad de secado $W_f = 0,011 \text{ kgH}_2\text{O/m}^2$ y una humedad de equilibrio $X^* = 0,019 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$. Se puede observar, que el tiempo de secado es extenso puesto que la difusión de vapor de agua en el periodo de velocidad decreciente se dificulta debido a la naturaleza del ataco, que es un alimento altamente fibroso.

4.2.2.2 Curva de velocidad de secado - T1 (A1B1C1)

En los cálculos de la cinética del proceso de secado, el contenido de humedad se expresa en base seca es decir en función de los sólidos de la muestra (Kg H₂O/Kg solidos secos) y la velocidad de secado en KgH₂O/m² - área), con la finalidad de facilitar los cálculos respectivos. Anexo 2

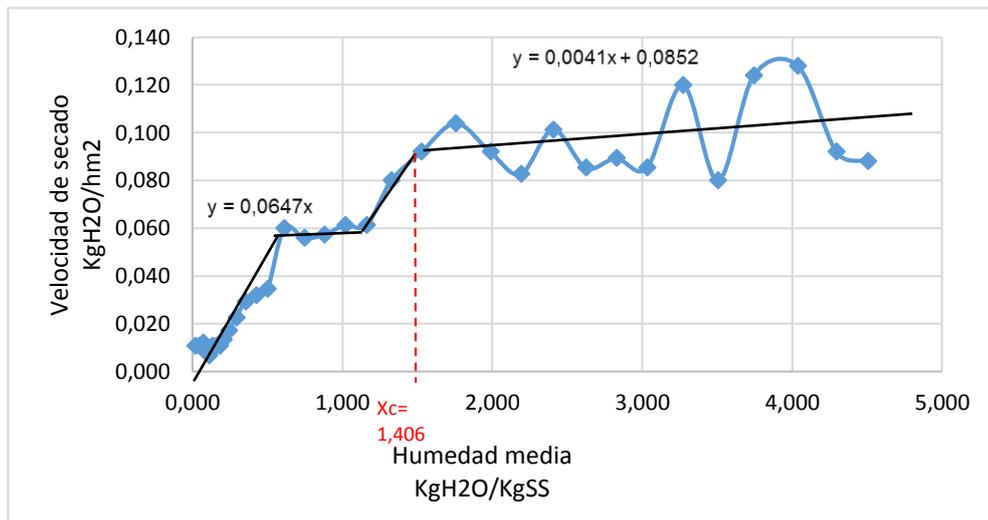


Gráfico 13: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T1 (A1B1C1)

$y = 0,0041x + 0,0852$	
$y = 0,0647x$	
$0,0647x =$	$0,0041x + 0,0852$
$0,0606x =$	$0,0852$
$X =$	$\frac{0,0852}{0,0606}$
$X_c =$	$1,406$

Según el gráfico 13, los periodos de la velocidad de secado están diferenciados entre el periodo de velocidad constante y el periodo de velocidad decreciente, donde se obtuvo un tiempo relativamente largo de secado para el periodo antecrítico de 8,075 horas y para el periodo poscrítico de 8,069

Durante el periodo de velocidad constante la evaporación se efectúa de manera constante, este periodo se mantiene hasta que la superficie del producto se encuentre alimentada por

agua libre desde el interior fundamentalmente por capilaridad, el diámetro de los poros y los capilares disminuyen a medida que se elimina más cantidad de agua. Mientras, en el periodo de velocidad decreciente se observa tres puntos de inflexión en la curva de secado, donde el movimiento de agua que se genera en el interior del producto y sale hacia la superficie se ve afectado al abrir y cerrar el secador al momento de la toma de datos, los elementos estructurales del producto sufren mayores deformaciones provocando el encogimiento del producto lo cual reduce los espacios libres y el agua empieza a desplazarse por difusión (Colina, Irezabal, 2010)

En el primer periodo de velocidad decreciente el mecanismo de transporte de masa es difusión de vapor desde la zona de evaporación hasta la superficie del producto. En el segundo punto de inflexión supone que la velocidad de condensación es igual a la velocidad de evaporación en la superficie del producto y permite que no exista acumulación de agua en los poros cerca de la superficie (Keqing, 2004), en el tercer periodo en el alimento no queda más que agua ligada que se evacua muy lentamente la cual termina cuando el producto alcanza la humedad de equilibrio que depende de las condiciones de secado (Casp Vanaclocha & Abril Renquena, 2008).

Para conocer el mecanismo real por el cual se elimina la humedad del producto se graficó el cociente $(W - W_e / W_c - W_e)$ contra el tiempo de secado.

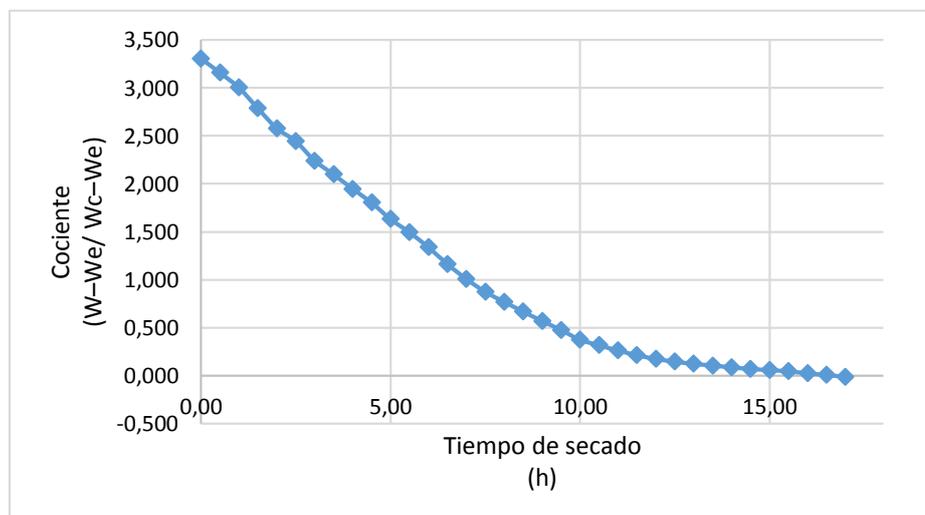


Gráfico 14: Mecanismo de eliminación de humedad

El gráfico 14 revela que el mecanismo de difusión gobierna el proceso de secado debido a la naturaleza del producto y condiciones de secado, la línea se hace asintótica conforme aumenta el tiempo de secado (Colina, Irezabal, 2010).

4.2.2.3 Cálculo tiempo total de secado.

Xo=	4,607
S=	0,107
As=	0,499
Xc=	1,406
Wc=	0,085
Xf=	0,044
Wf=	0,011

Tiempo Anticrítico		Tiempo Pos crítico		
S/As*Wc	Xo-Xc	S/As	Xc-Xf/Wc-Wf	Ln Wc/Wf
2,523	3,201	0,214	18,405	2,044
Ta=8,075		Tp= 8,069		
Tt= 16,144				

El tiempo varia 0.85 horas, se deduce que la variación se debe a los puntos de inflexión presentes en la velocidad decreciente producidos por perdidas de calor al abrir y cerrar el secador en la toma de datos.

4.2.3 CINÉTICA DE SECADO PARA T2 (velocidad de secado 2 m/s, densidad de carga 0.600 kg/m² y temperatura de secado 40°C).

AREA	0,499
peso inicial (kg)	0,600
% humedad	0,866
kg H2O	0,520
S (kg ss)	0,080
Xbs	6,463
S/A	0,161

Tabla 33: Comportamiento de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T2 (A1B1C2).

TIEMPO	PESO	PESO BASE SECA	HUMEDAD	HUMEDAD MEDIA	VELOCIDAD	
Horas	Kg	Kg SS	KgH ₂ O/KgSS	media ^X	KgH ₂ O/hm	
0,00	0,600	0,08	6,500			
0,17	0,575	0,08	6,188	6,344	0,302	2,085
0,33	0,557	0,08	5,963	6,075	0,217	1,984
0,50	0,538	0,08	5,725	5,844	0,229	1,910
0,67	0,516	0,08	5,450	5,588	0,266	1,833
0,83	0,498	0,08	5,225	5,338	0,217	1,744
1,00	0,478	0,08	4,975	5,100	0,241	1,670
1,17	0,451	0,08	4,638	4,806	0,326	1,589
1,33	0,431	0,08	4,388	4,513	0,241	1,479
1,50	0,403	0,08	4,038	4,213	0,338	1,398
1,67	0,381	0,08	3,763	3,900	0,266	1,284
1,83	0,363	0,08	3,538	3,650	0,217	1,195
2,00	0,346	0,08	3,325	3,431	0,205	1,122
2,17	0,329	0,08	3,113	3,219	0,205	1,052
2,33	0,305	0,08	2,813	2,963	0,290	0,983
2,50	0,287	0,08	2,588	2,700	0,217	0,886
3,00	0,246	0,08	2,075	2,331	0,165	0,812
3,50	0,215	0,08	1,688	1,881	0,125	0,646
4,00	0,183	0,08	1,288	1,488	0,129	0,520
4,50	0,156	0,08	0,954	1,121	0,107	0,390
5,00	0,133	0,08	0,667	0,810	0,093	0,281
5,50	0,120	0,08	0,500	0,583	0,054	0,188
6,00	0,111	0,08	0,383	0,442	0,038	0,133
6,50	0,099	0,08	0,233	0,308	0,048	0,095
7,00	0,093	0,08	0,158	0,196	0,024	0,047
7,50	0,089	0,08	0,108	0,133	0,016	0,022
8,00	0,086	0,08	0,071	0,090	0,012	0,006
8,50	0,083	0,08	0,038	0,054	0,011	-0,006

En la obtención de tisanas mediante condiciones controladas de acuerdo al tratamiento T2, el proceso de secado tuvo una duración de 8,50 horas, hasta llegar a la humedad de equilibrio. Se deduce que el producto fue sobresecado por un periodo de 1 hora, esto tomando en cuenta que la norma INEN 2392 indica que el porcentaje de humedad en base húmeda requerido es del 12% (0.136 KgH₂O/Kgss)

4.2.3.1 Curva de secado - T2 (A1B1C2)

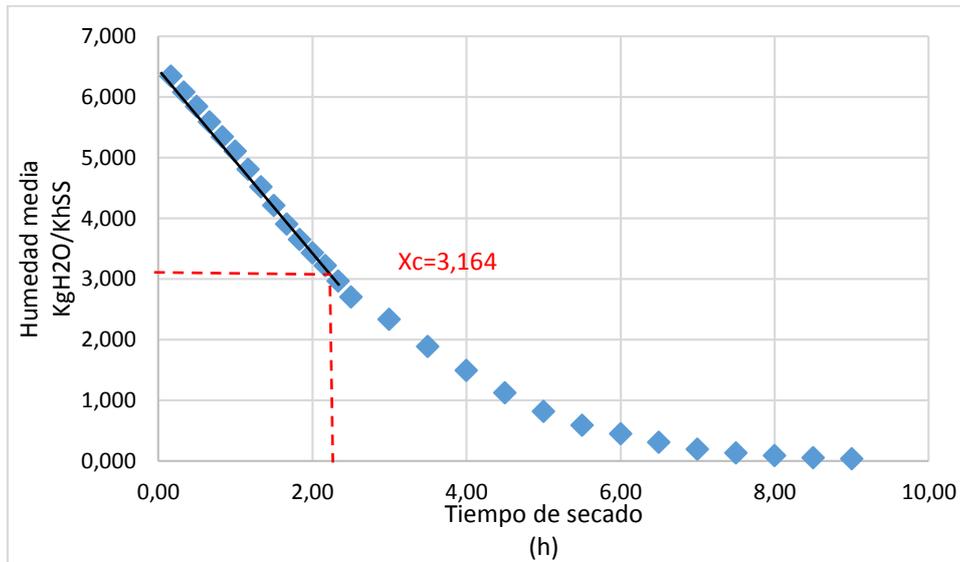


Gráfico 15: Curva de secado T2 (A1B1C2).

El gráfico 15 muestra la curva de secado, donde se pueden distinguir los periodos de secado, el de precalentamiento fue muy corto por lo que no puede percibirse en el gráfico y los datos a menudo se desprecian en los cálculos de secado como lo indica (Ibarz & Barbosa Cánovas, 2014), el periodo de velocidad constante tuvo una duración de 2,122 horas , durante este periodo la evaporación del agua se efectúa en la superficie del producto a temperatura constante, desde su contenido de humedad inicial $X_0 = 6,500 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ formando una pendiente hasta la humedad crítica $X_c = 3,164 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ y una velocidad crítica $W_c = 0,252 \text{ kgH}_2\text{O/m}^2$. Durante este periodo, el principal mecanismo de transporte de masa es el flujo capilar, debido a que su estructura celular está intacta, el agua se desplaza a través de los capilares hacia la superficie donde es eliminada mencionado por (Colina, Irezabal, 2010). Finalmente, el periodo de velocidad decreciente es aproximadamente de 6,252 horas el cual concluye con una humedad final $X_f = 0,090 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ con una velocidad de secado $W_f = 0,012 \text{ kgH}_2\text{O/m}^2$ y una humedad de equilibrio $X^* = 0,054 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$. Se puede observar, que el tiempo de secado es extenso puesto que la difusión de vapor de agua en el periodo de velocidad decreciente se dificulta debido a la naturaleza del ataco, que es un alimento altamente fibroso.

4.2.3.2 Curva velocidad de secado - T2 (A1B1C2)

En los cálculos de la cinética del proceso de secado, el contenido de humedad se expresa en base seca es decir en función de los sólidos de la muestra (Kg H₂O/Kg sólidos secos) y la velocidad de secado en Kg H₂O/m² - área), con la finalidad de facilitar los cálculos respectivos. Anexo 2

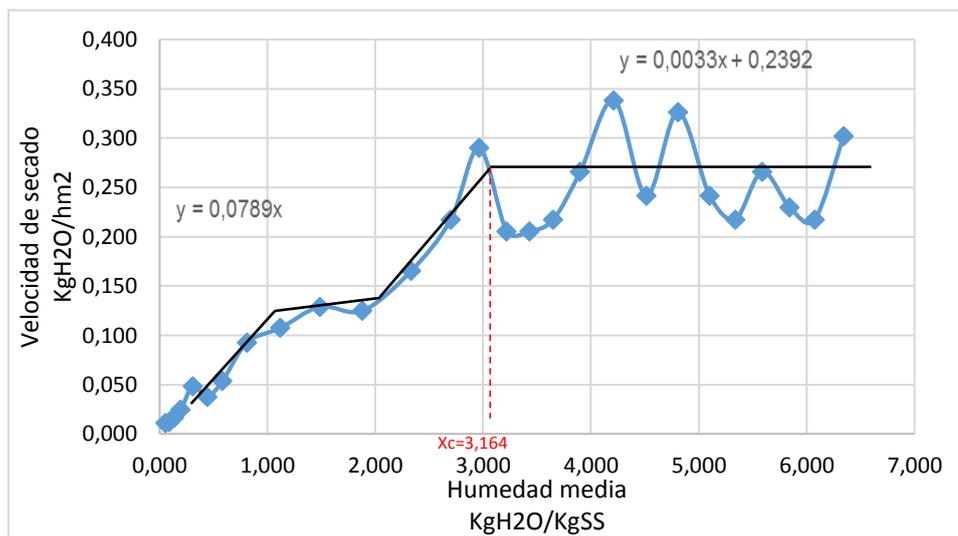


Gráfico 16: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T2 (A1B1C2)

$y=0.0033x + 0.2392$	
$y=0,0789x$	
$0,0789x=$	$0.0033x + 0,2392$
$0,0756X =$	$0,2392$
$x=$	$\frac{0,2392}{0,0756}$
$Xc=$	$3,164$

Según el gráfico 16, los periodos de la velocidad de secado están diferenciados entre el periodo de velocidad constante y el periodo de velocidad decreciente, donde se obtuvo un tiempo relativamente largo de secado para el periodo antecrítico de 2.122 horas y para el periodo poscrítico de 6,252.

Durante el periodo de velocidad constante la evaporación se efectúa de manera constante, este periodo se mantiene hasta que la superficie del producto se encuentre alimentada por

agua libre desde el interior fundamentalmente por capilaridad, el diámetro de los poros y los capilares disminuyen a medida que se elimina más cantidad de agua. Mientras, en el periodo de velocidad decreciente se observa tres puntos de inflexión en la curva de secado, donde el movimiento de agua que se genera en el interior del producto y sale hacia la superficie se ve afectado al abrir y cerrar el secador al momento de la toma de datos, los elementos estructurales del producto sufren mayores deformaciones provocando el encogimiento del producto lo cual reduce los espacios libres y el agua empieza a desplazarse por difusión (Colina, Irezabal, 2010)

En el primer periodo de velocidad decreciente el mecanismo de transporte de masa es difusión de vapor desde la zona de evaporación hasta la superficie del producto. El segundo punto de inflexión es ligeramente constante lo que supone que la velocidad de condensación es igual a la velocidad de evaporación en la superficie del producto y permite que no exista acumulación de agua en los poros cerca de la superficie (Keqing, 2004), en el tercer periodo en el alimento no queda más que agua ligada que se evacua muy lentamente la cual termina cuando el producto alcanza la humedad de equilibrio que depende de las condiciones de secado (Casp Vanaclocha & Abril Renquena, 2008).

Para conocer el mecanismo real por el cual se elimina la humedad del producto se graficó el cociente $(W - W_e / W_c - W_e)$ contra el tiempo de secado.

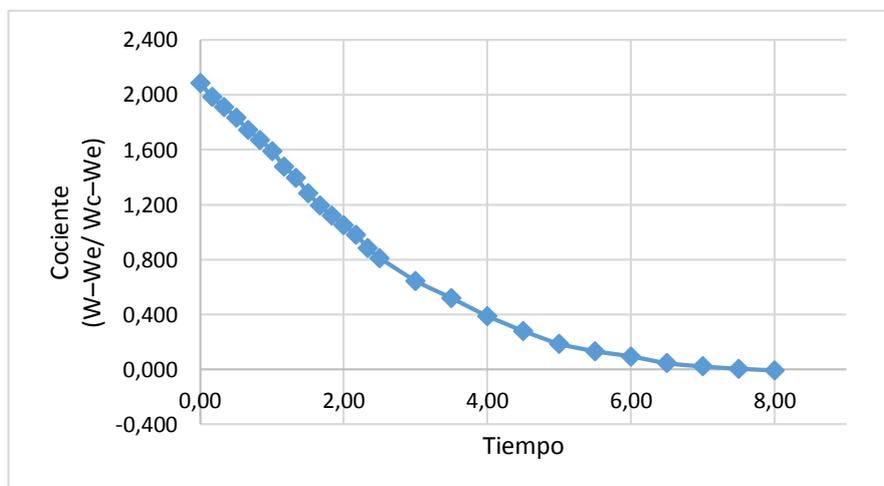


Gráfico 17: Mecanismo de eliminación de humedad

El gráfico 17 muestra que el mecanismo de difusión gobierna el proceso de secado debido a la naturaleza del producto y condiciones de secado, la línea se hace asintótica conforme aumenta el tiempo de secado (Colina, Irezabal, 2010).

4.2.3.3 Cálculo tiempo total de secado

Xo=	6,500
S=	0,080
As=	0,499
Xc=	3,164
Wc=	0,252
Xf=	0,090
Wf=	0,012

Tiempo Antecrítico		Tiempo Poscrítico		
S/As*Wc	Xo-Xc	S/As	Xc-Xf/Wc-Wf	Ln Wc/Wf
0,72	3,336	0,160	14,670	3,009
Ta=2,398		Tp=7,077		
Tt=9,476				

El tiempo total fue de 9,47 horas valor aproximado al tiempo tomado experimentalmente, la variación se debe a los puntos de inflexión presentes en la velocidad decreciente por efecto de las pérdidas de calor en el proceso de secado.

4.2.4 CINÉTICA DE SECADO PARA T3 (velocidad de secado 2 m/s, densidad de carga 1 kg/m² y temperatura de secado 30°C).

AREA	0,499
peso inicial (kg)	0,600
% humedad	0,822
kg H2O	0,493
S (kg ss)	0,107
Xbs	4,618
S/A	0,214

Tabla 34: Comportamiento de la humedad y velocidad de secado para el tratamiento T3 (A1B2C1).

TIEMPO	PESO	PESO BASE SECA	HUMEDAD		VELOCIDAD	X-Xe/Xc-Xe
			HUMEDAD	MEDIA		
horas	Kg	Kg SS	KgH2O/KgSS	media ^X	KgH2O/hm	
0,00	1,000	0,107	8,346			
0,17	0,984	0,107	8,196	8,271	0,320	2,588
0,33	0,968	0,107	8,047	8,121	0,320	2,539
0,50	0,956	0,107	7,935	7,991	0,240	2,489
0,67	0,944	0,107	7,822	7,879	0,240	2,452
0,83	0,929	0,107	7,682	7,752	0,300	2,415
1,00	0,917	0,107	7,570	7,626	0,240	2,368
1,17	0,902	0,107	7,430	7,500	0,300	2,331
1,33	0,886	0,107	7,280	7,355	0,320	2,284
1,50	0,873	0,107	7,159	7,220	0,260	2,235
1,67	0,858	0,107	7,019	7,089	0,300	2,194
1,83	0,844	0,107	6,888	6,953	0,280	2,148
2,00	0,828	0,107	6,738	6,813	0,320	2,104
2,17	0,814	0,107	6,607	6,673	0,280	2,055
2,33	0,802	0,107	6,495	6,551	0,240	2,011
2,50	0,791	0,107	6,393	6,444	0,220	1,974
3,00	0,760	0,107	6,103	6,248	0,206	1,940
3,50	0,725	0,107	5,776	5,939	0,233	1,844
4,00	0,684	0,107	5,393	5,584	0,273	1,735
4,50	0,646	0,107	5,037	5,215	0,253	1,608
5,00	0,615	0,107	4,748	4,893	0,206	1,490
5,50	0,576	0,107	4,383	4,565	0,260	1,394
6,00	0,537	0,107	4,019	4,201	0,260	1,273
6,50	0,502	0,107	3,692	3,855	0,233	1,152
7,00	0,478	0,107	3,467	3,579	0,160	1,044
7,50	0,445	0,107	3,159	3,313	0,220	0,969
8,00	0,418	0,107	2,907	3,033	0,180	0,867
8,50	0,398	0,107	2,720	2,813	0,133	0,783
9,00	0,377	0,107	2,523	2,621	0,140	0,721
9,50	0,356	0,107	2,327	2,425	0,140	0,656
10,00	0,338	0,107	2,159	2,243	0,120	0,591
10,50	0,319	0,107	1,981	2,070	0,127	0,535
11,00	0,301	0,107	1,813	1,897	0,120	0,476
11,50	0,285	0,107	1,660	1,737	0,109	0,420
12,00	0,265	0,107	1,477	1,569	0,131	0,370
12,50	0,248	0,107	1,318	1,397	0,113	0,309
13,00	0,230	0,107	1,150	1,234	0,120	0,256
13,50	0,216	0,107	1,019	1,084	0,093	0,200
14,00	0,201	0,107	0,879	0,949	0,100	0,157

14,50	0,192	0,107	0,794	0,836	0,060	0,110
15,00	0,186	0,107	0,741	0,768	0,038	0,082
15,50	0,180	0,107	0,679	0,710	0,044	0,065
16,00	0,175	0,107	0,632	0,656	0,033	0,044
16,50	0,172	0,107	0,611	0,621	0,016	0,028
17,00	0,170	0,107	0,586	0,598	0,018	0,021
17,50	0,166	0,107	0,551	0,569	0,024	0,013
18,00	0,165	0,107	0,542	0,547	0,007	0,001
18,50	0,164	0,107	0,533	0,537	0,007	-0,002

En la obtención de tisanas mediante condiciones controladas por el tratamiento 3 tubo un proceso de duración de 19 horas de secado.

4.2.4.1 Curva de secado -T3 (A1B2C1)

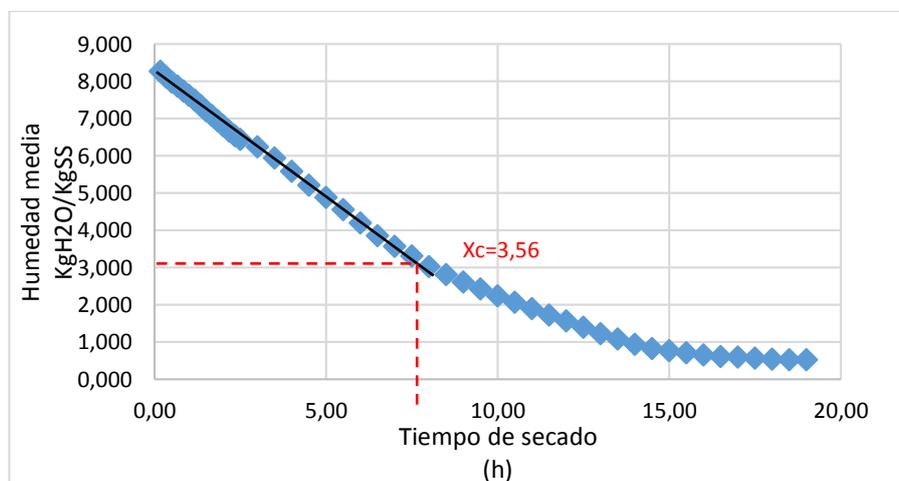


Gráfico 18: Curva de secado T3 (A1B2C1).

El gráfico 18 muestra la curva de secado, donde se pueden distinguir los periodos de secado, el de precalentamiento fue muy corto por lo que no puede percibirse en el gráfico y los datos a menudo se desprecian en los cálculos de secado como lo indica (Ibarz & Barbosa Cánovas, 2014), el periodo de velocidad constante tuvo una duración de 6,073 horas durante este periodo la evaporación del agua se efectúa en la superficie del producto a temperatura constante, desde su contenido de humedad inicial $X_0 = 8,346 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ formando una pendiente hasta la humedad crítica $X_c = 3,56 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ y una velocidad crítica $W_c = 0,169 \text{ kgH}_2\text{O/m}^2$. Durante este periodo, el principal mecanismo de transporte de masa es el flujo capilar, debido a que su estructura celular está intacta, el agua se desplaza a través de los

capilares hacia la superficie donde es eliminada (Colina, Irezabal, 2010). Finalmente, el periodo de velocidad decreciente es aproximadamente de 12,698 horas el cual concluye con una humedad final $X_f = 0,547 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ con una velocidad de secado $W_f = 0,007 \text{ kgH}_2\text{O/m}^2$ y una humedad de equilibrio $X^* = 0,537 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$. Se puede observar, que el tiempo de secado es extenso puesto que la difusión de vapor de agua en el periodo de velocidad decreciente se dificulta debido a la naturaleza del ataco, que es un alimento altamente fibroso

4.2.4.2 Curva de velocidad de secado -T3 (A1B2C1)

En los cálculos de la cinética del proceso de secado, el contenido de humedad se expresa en base seca es decir en función de los sólidos de la muestra ($\text{Kg H}_2\text{O/Kg solidos secos}$) y la velocidad de secado en $\text{Kg H}_2\text{O/m}^2 \cdot \text{área}$, con la finalidad de facilitar los cálculos respectivos. Anexo 2

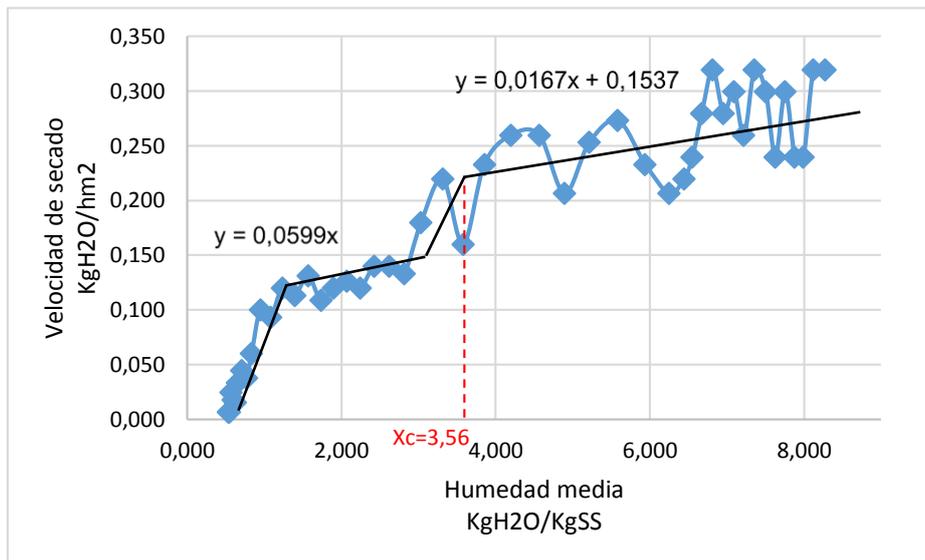


Gráfico 19: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T3 (A1B2C1)

$y = 0,0167x + 0,1537$	
$y = 0,0599x$	
$0,0599x =$	$0,0167x + 0,1537$
$0,0432x$	$0,1537$
$x =$	$\frac{0,1537}{0,0432}$
$x =$	$3,56$

Según el gráfico 19, los periodos de la velocidad de secado están diferenciados entre el periodo de velocidad constante y el periodo de velocidad decreciente, donde se obtuvo un tiempo relativamente largo de secado para el periodo antecrítico de 6,072 horas y para el periodo poscrítico de 12,698.

Durante el periodo de velocidad constante la evaporación se efectúa de manera constante, este periodo se mantiene hasta que la superficie del producto se encuentre alimentada por agua libre desde el interior fundamentalmente por capilaridad, el diámetro de los poros y los capilares disminuyen a medida que se elimina más cantidad de agua. Mientras, en el periodo de velocidad decreciente se observa tres puntos de inflexión en la curva de secado, donde el movimiento de agua que se genera en el interior del producto y sale hacia la superficie se ve afectado al abrir y cerrar el secador al momento de la toma de datos, los elementos estructurales del producto sufren mayores deformaciones provocando el encogimiento del producto lo cual reduce los espacios libres y el agua empieza a desplazarse por difusión (Colina, Irezabal, 2010)

En el primer periodo de velocidad decreciente el mecanismo de transporte de masa es difusión de vapor desde la zona de evaporación hasta la superficie del producto. El segundo punto de inflexión es levemente constante lo que supone que la velocidad de condensación es igual a la velocidad de evaporación en la superficie del producto y permite que no exista acumulación de agua en los poros cerca de la superficie (Keqing, 2004), en el tercer periodo en el alimento no queda más que agua ligada que se evacua muy lentamente la cual termina cuando el producto alcanza la humedad de equilibrio que depende de las condiciones de secado (Casp Vanaclocha & Abril Renquena, 2008).

Para conocer el mecanismo real por el cual se elimina la humedad del producto se graficó el cociente $(W - W_e / W_c - W_e)$ contra el tiempo de secado.

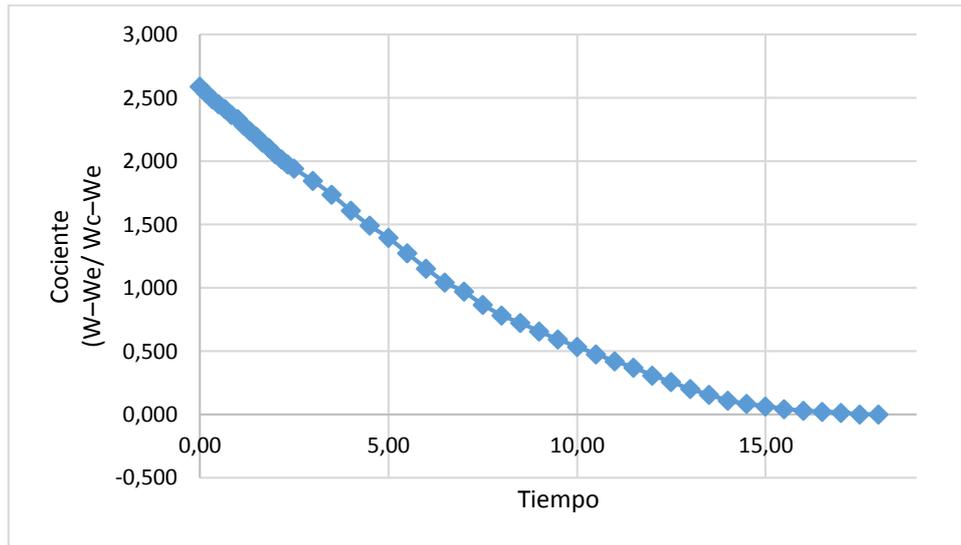


Gráfico 20: Mecanismo de eliminación de humedad

El gráfico 20 demuestra que el mecanismo de difusión gobierna el proceso de secado debido a la naturaleza del producto y condiciones de secado, la línea se hace asintótica conforme aumenta el tiempo de secado (Colina, Irezabal, 2010).

4.2.4.3 Cálculo tiempo total de secado

Xo=	8,346
S=	0,107
As=	0,499
Xc=	3,560
Wc=	0,169
Xf=	0,547
Wf=	0,007

Tiempo Antecrítico		Tiempo Poscrítico		
S/As*Wc	Xo-Xc	S/As	Xc-Xf/Wc-Wf	Ln Wc/Wf
1,268	4,786	0,214	18,599	3,184
Ta=6,073		Tp=12,698		
Tt=18,771				

El tiempo total es de 18.771 horas, valor aproximado al tiempo tomado experimentalmente de 18,50 horas.

4.2.5 CINÉTICA DE SECADO PARA T4 (velocidad de secado 2 m/s, densidad de carga 1 kg/m² y temperatura de secado 40°C).

AREA	0,499
peso inicial (kg)	0,600
% humedad	0,829
kg H2O	0,497
S (kg ss)	0,103
Xbs	4,848
S/A	0,205

Tabla 35: Comportamiento de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T4 (A1B2C2).

TIEMPO	PESO	PESO	HUMEDAD		VELOCIDAD	X-Xe/Xc-Xe
		BASE SECA	HUMEDAD	MEDIA		
horas	Kg	Kg SS	KgH2O/KgSS	media ^X	KgH2O/hm	
0,00	1,000	0,103	8,709			
0,17	0,982	0,103	8,534	8,621	0,215	2,234
0,33	0,963	0,103	8,350	8,442	0,227	2,188
0,50	0,942	0,103	8,146	8,248	0,251	2,138
0,67	0,928	0,103	8,010	8,078	0,168	2,083
0,83	0,913	0,103	7,864	7,937	0,179	2,047
1,00	0,896	0,103	7,696	7,780	0,207	2,008
1,17	0,879	0,103	7,537	7,617	0,195	1,963
1,33	0,866	0,103	7,405	7,471	0,164	1,920
1,50	0,853	0,103	7,278	7,341	0,156	1,884
1,67	0,842	0,103	7,172	7,225	0,132	1,851
1,83	0,831	0,103	7,068	7,120	0,128	1,822
2,00	0,818	0,103	6,942	7,005	0,156	1,794
2,17	0,799	0,103	6,757	6,850	0,227	1,760
2,33	0,778	0,103	6,553	6,655	0,251	1,711
2,50	0,762	0,103	6,401	6,477	0,187	1,656
3,00	0,725	0,103	6,039	6,220	0,149	1,615
3,50	0,669	0,103	5,498	5,769	0,222	1,518
4,00	0,630	0,103	5,117	5,307	0,157	1,373
4,50	0,588	0,103	4,709	4,913	0,168	1,270
5,00	0,552	0,103	4,359	4,534	0,144	1,161
5,50	0,501	0,103	3,864	4,112	0,203	1,067
6,00	0,476	0,103	3,621	3,743	0,100	0,934
6,50	0,450	0,103	3,369	3,495	0,104	0,869
7,00	0,419	0,103	3,068	3,218	0,124	0,801

7,50	0,390	0,103	2,786	2,927	0,116	0,721
8,00	0,367	0,103	2,563	2,675	0,092	0,645
8,50	0,338	0,103	2,282	2,422	0,116	0,585
9,00	0,315	0,103	2,058	2,170	0,092	0,510
9,50	0,286	0,103	1,777	1,917	0,116	0,450
10,00	0,259	0,103	1,515	1,646	0,108	0,374
10,50	0,231	0,103	1,243	1,379	0,112	0,304
11,00	0,209	0,103	1,029	1,136	0,088	0,231
11,50	0,185	0,103	0,799	0,914	0,094	0,173
12,00	0,176	0,103	0,709	0,754	0,037	0,112
12,50	0,164	0,103	0,592	0,650	0,048	0,087
13,00	0,157	0,103	0,528	0,560	0,027	0,056
13,50	0,151	0,103	0,469	0,498	0,024	0,039
14,00	0,147	0,103	0,430	0,450	0,016	0,023
14,50	0,144	0,103	0,398	0,414	0,013	0,013
15,00	0,141	0,103	0,369	0,383	0,012	0,004
15,50	0,139	0,103	0,350	0,359	0,008	-0,004

La obtención de tisanas en condiciones de tratamiento 4, se obtuvo durante un proceso de secado de 15,50 horas.

4.2.5.1 Curva de secado - T4 (A1B2C2)

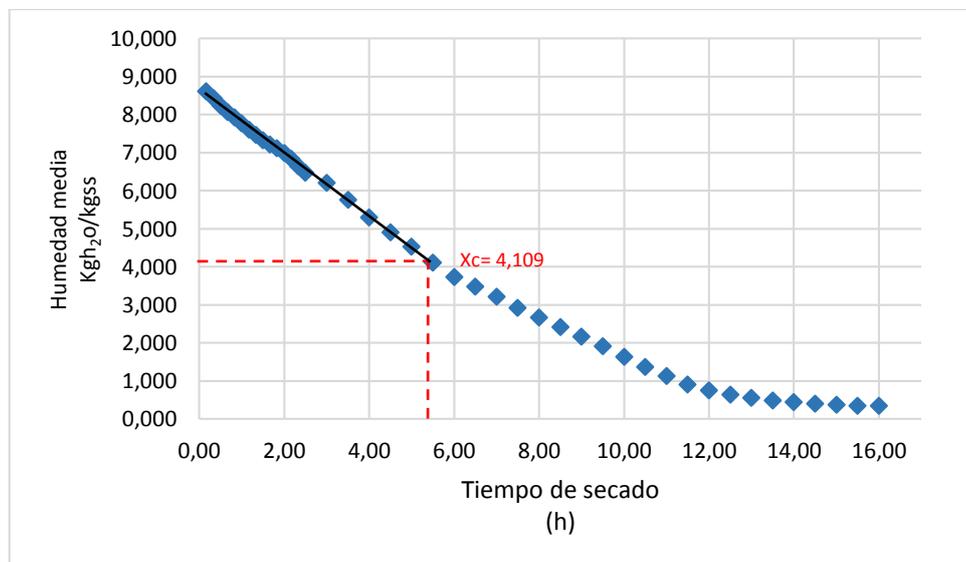


Gráfico 21: Curva de secado T4 (A1B2C2).

El gráfico 21 muestra la curva de secado, donde se pueden distinguir los periodos de secado, el de precalentamiento fue muy corto por lo que no puede percibirse en el gráfico y los datos a menudo se desprecian en los cálculos de secado como lo indica (Ibarz & Barbosa Cánovas, 2014), el periodo de velocidad constante tuvo una duración de 4,677 horas, durante este periodo la evaporación del agua se efectúa en la superficie del producto a temperatura constante, desde su contenido de humedad inicial $X_0 = 8,709 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ formando una pendiente hasta la humedad crítica $X_c = 4,109 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ y una velocidad crítica $W_c = 0,203 \text{ kgH}_2\text{O/m}^2$. Durante este periodo, el principal mecanismo de transporte de masa es el flujo capilar, debido a que su estructura celular está intacta, el agua se desplaza a través de los capilares hacia la superficie donde es eliminada (Colina, Irezabal, 2010). Finalmente, el periodo de velocidad decreciente es aproximadamente de 1.388 horas el cual concluye con una humedad final $X_f = 0,383 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ con una velocidad de secado $W_f = 0,012 \text{ kgH}_2\text{O/m}^2$ y una humedad de equilibrio $X^* = 0,359 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$. Se puede observar, que el tiempo de secado es extenso puesto que la difusión de vapor de agua en el periodo de velocidad decreciente se dificulta debido a la naturaleza del ataco, que es un alimento altamente fibroso.

4.2.5.2 Curva de velocidad de secado - T4 (A1B2C2)

En los cálculos de la cinética del proceso de secado, el contenido de humedad se expresa en base seca es decir en función de los sólidos de la muestra ($\text{Kg H}_2\text{O/Kg solidos secos}$) y la velocidad de secado en $\text{Kg H}_2\text{O/m}^2 - \text{área}$, con la finalidad de facilitar los cálculos respectivos. Anexo 2

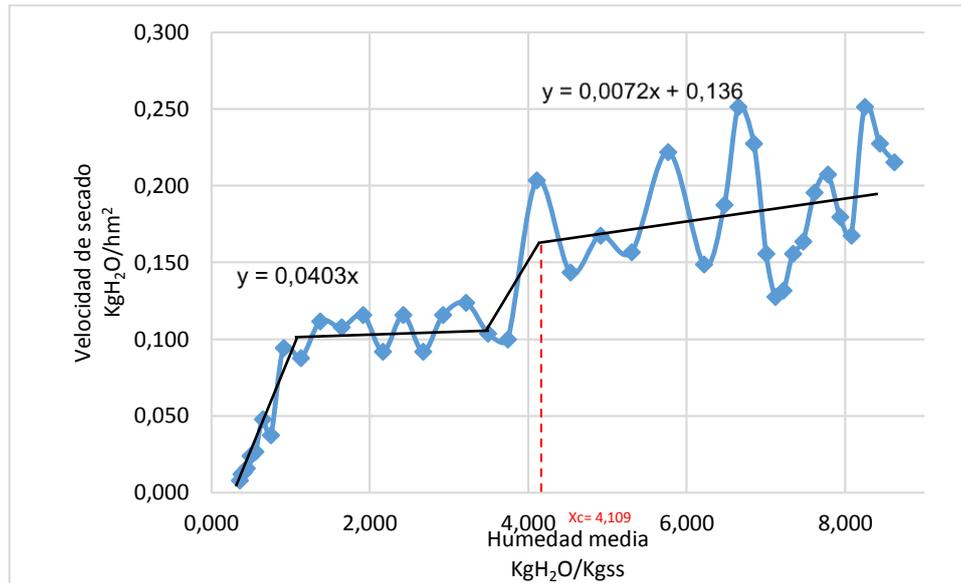


Gráfico 22: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T4 (A1B2C2)

$y = 0.0072x + 0.136$	
$y = 0,0403x$	
$0,0403x =$	$0.0072x + 0.136$
$0,0331 =$	$\frac{0,136}{0,331}$
$x =$	$4,109$

Según el gráfico 22, los periodos de la velocidad de secado están diferenciados entre el periodo de velocidad constante y el periodo de velocidad decreciente, donde se obtuvo un tiempo relativamente largo de secado para el periodo anticrítico de 4,677 horas y para el periodo poscrítico de 11,388

Durante el periodo de velocidad constante la evaporación se efectúa de manera constante, este periodo se mantiene hasta que la superficie del producto se encuentre alimentada por agua libre desde el interior fundamentalmente por capilaridad, el diametro de los poros y los capilares disminuyen a medida que se elimina más cantidad de agua. Mientras, en el periodo de velocidad decreciente se observa tres puntos de inflexión en la curva de secado, donde el movimiento de agua que se genera en el interior del producto y sale hacia la superficie se ve afectado al abrir y cerrar el secador al momento de la toma de datos, los elementos estructurales del producto sufren mayores deformaciones provocando el encogimiento del

producto lo cual reduce los espacios libres y el agua empieza a desplazarse por difusión (Colina, Irezabal, 2010)

En el primer periodo de velocidad decreciente el mecanismo de transporte de masa es difusión de vapor desde la zona de evaporación hasta la superficie del producto. En el segundo punto de inflexión supone que la velocidad de condensación es igual a la velocidad de evaporación en la superficie del producto y permite que no exista acumulación de agua en los poros cerca de la superficie (Keqing, 2004), en el tercer periodo en el alimento no queda más que agua ligada que se evacua muy lentamente la cual termina cuando el producto alcanza la humedad de equilibrio que depende de las condiciones de secado (Casp Vanaclocha & Abril Renquena, 2008).

Para conocer el mecanismo real por el cual se elimina la humedad del producto se graficó el cociente $(W - W_e / W_c - W_e)$ contra el tiempo de secado.

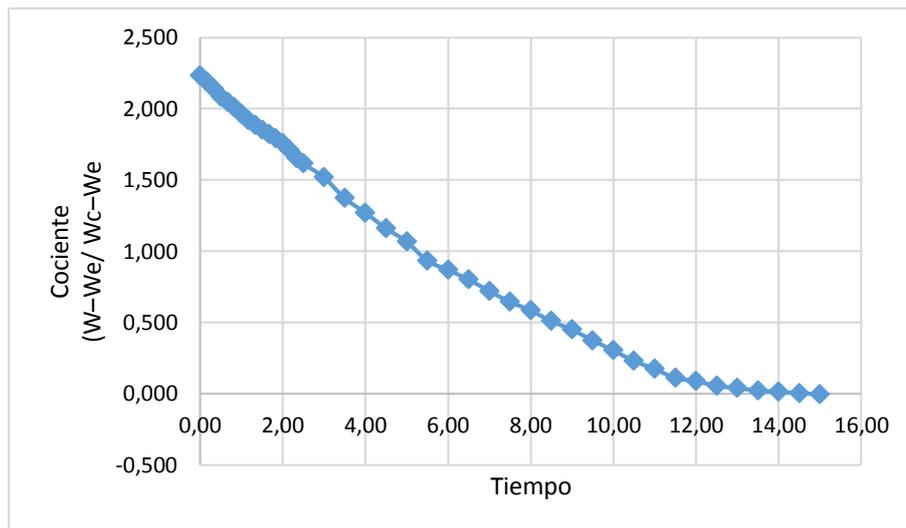


Gráfico 23: Mecanismo de eliminación de humedad

El gráfico 23 señala que el mecanismo de difusión gobierna el proceso de secado debido a la naturaleza del producto y condiciones de secado, la línea se hace asintótica conforme aumenta el tiempo de secado (Colina, Irezabal, 2010).

4.2.5.3 Cálculo tiempo total de secado

Xo=	8,709
S=	0,103
As=	0,499
Xc=	4,109
Wc=	0,203
Xf=	0,383
Wf=	0,012

Tiempo Anticrítico		Tiempo Poscrítico		
S/As*Wc	Xo-Xc	S/As	Xc-Xf/Wc-Wf	Ln Wc/Wf
1,017	4,6	0,206	19,507	2,828
Ta=4,677		Tp=11,388		
Tt= 16,066				

El tiempo total es de 16,066 horas, tiempo aproximado al valor registrado experimentalmente.

4.2.6 CINÉTICA DE SECADO PARA T5 (velocidad de secado 4 m/s, densidad de carga 0.600 kg/m² y temperatura de secado 30°C).

AREA	0,499
peso inicial (kg)	0,600
% humedad	0,845
kg H2O	0,507
S (kg ss)	0,093
Xbs	5,452
S/A	0,186

Tabla 36: Comportamiento de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T5 (A2B1C1).

TIEMPO	PESO	PESO BASE SECA	HUMEDAD		VELOCIDAD	
			HUMEDAD	MEDIA		
horas	Kg	Kg SS	KgH2O/KgSS	media ^X	KgH2O/hm	X-Xe/Xc-Xe
0,00	0,600	0,093	5,452			
0,17	0,578	0,093	5,215	5,333	0,222	1,494
0,33	0,563	0,093	5,054	5,134	0,198	1,428
0,50	0,545	0,093	4,860	4,957	0,180	1,384
0,67	0,533	0,093	4,731	4,796	0,142	1,330
0,83	0,521	0,093	4,605	4,668	0,150	1,294
1,00	0,508	0,093	4,462	4,534	0,182	1,259
1,17	0,491	0,093	4,280	4,371	0,174	1,220
1,33	0,479	0,093	4,151	4,215	0,162	1,169
1,50	0,464	0,093	3,989	4,070	0,162	1,133
1,67	0,452	0,093	3,860	3,925	0,216	1,088
1,83	0,428	0,093	3,602	3,731	0,240	1,052
2,00	0,412	0,093	3,430	3,516	0,144	0,981
2,17	0,404	0,093	3,344	3,387	0,180	0,933
2,33	0,382	0,093	3,108	3,226	0,156	0,909
2,50	0,378	0,093	3,065	3,086	0,228	0,844
3,00	0,344	0,093	2,699	2,882	0,154	0,832
3,50	0,301	0,093	2,237	2,468	0,122	0,730
4,00	0,283	0,093	2,043	2,140	0,080	0,602
4,50	0,261	0,093	1,806	1,925	0,082	0,548
5,00	0,242	0,093	1,602	1,704	0,086	0,483
5,50	0,218	0,093	1,344	1,473	0,078	0,426
6,00	0,203	0,093	1,183	1,263	0,070	0,355
6,50	0,183	0,093	0,968	1,075	0,064	0,310
7,00	0,171	0,093	0,839	0,903	0,048	0,250
7,50	0,159	0,093	0,710	0,774	0,056	0,214
8,00	0,143	0,093	0,538	0,624	0,059	0,179
8,50	0,130	0,093	0,394	0,466	0,041	0,131
9,00	0,122	0,093	0,315	0,355	0,029	0,091
9,50	0,115	0,093	0,240	0,278	0,019	0,069
10,00	0,113	0,093	0,215	0,228	0,012	0,048
10,50	0,109	0,093	0,176	0,195	0,013	0,041
11,00	0,106	0,093	0,143	0,159	0,013	0,030
11,50	0,103	0,093	0,104	0,124	0,013	0,021
12,00	0,100	0,093	0,075	0,090	0,009	0,011
12,50	0,098	0,093	0,057	0,066	0,009	0,003
13,00	0,096	0,093	0,029	0,043	0,005	-0,002

En la obtención de tisanas mediante condiciones de tratamiento T5, el proceso de secado tuvo una duración de 13,00 horas. Se concluye que el producto fue sobre secado por un periodo de 1,5 horas, tomando en cuenta que la norma INEN 2392 indica que el porcentaje de humedad en base húmeda requerido es del 12% (0,136 KgH₂O/Kgss)

4.2.6.1 Curva de secado - T5 (A2B1C1)

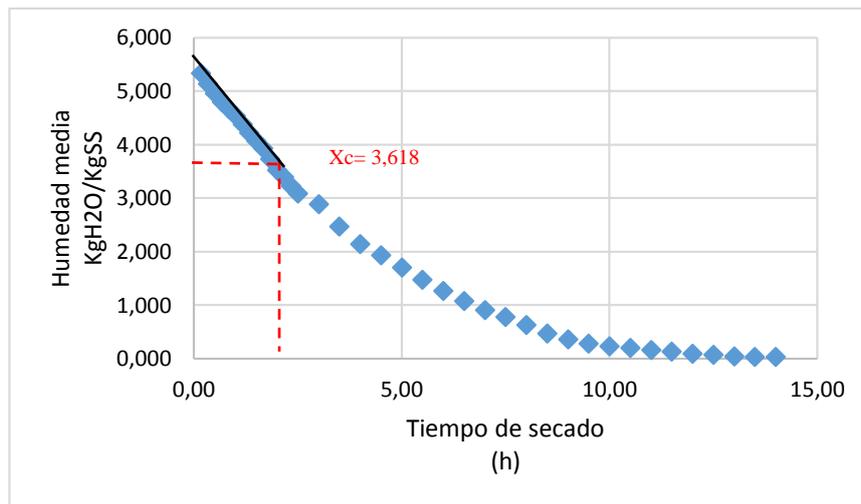


Gráfico 24: Curva de secado T5 (A2B1C1).

El gráfico 24 muestra la curva de secado, donde se pueden distinguir los periodos de secado, el de precalentamiento fue muy corto, por lo que no puede percibirse en el gráfico y los datos a menudo se desprecian en los cálculos de secado como lo indica (Ibarz & Barbosa Cánovas, 2014), el periodo de velocidad constante tuvo una duración de 1,558 horas, durante este periodo la evaporación del agua se efectúa en la superficie del producto a temperatura constante, desde su contenido de humedad inicial $X_0 = 5,452 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ formando una pendiente hasta la humedad crítica $X_c = 3,618 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ y una velocidad crítica $W_c = 0,190 \text{ kgH}_2\text{O/m}^2$. Durante este periodo, el principal mecanismo de transporte de masa es el flujo capilar, debido a que su estructura celular está intacta, el agua se desplaza a través de los capilares hacia la superficie donde es eliminada (Colina, Irezabal, 2010). Finalmente, el periodo de velocidad decreciente es aproximadamente de 11,154 horas el cual concluye con una humedad final $X_f = 0,066 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ con una velocidad de secado $W_f = 0,009 \text{ kgH}_2\text{O/m}^2$ y una humedad de equilibrio $X^* = 0,043 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$. Se puede observar, que el tiempo de secado es extenso puesto que la difusión de vapor de agua en el periodo de

velocidad decreciente se dificulta debido a la naturaleza del ataque, que es un alimento altamente fibroso.

4.2.6.2 Curva de velocidad de secado - T5 (A2B1C1)

En los cálculos de la cinética del proceso de secado, el contenido de humedad se expresa en base seca es decir en función de los sólidos de la muestra (Kg H₂O/Kg solidos secos) y la velocidad de secado en Kg H₂O/m² - área), con la finalidad de facilitar los cálculos respectivos. Anexo 2

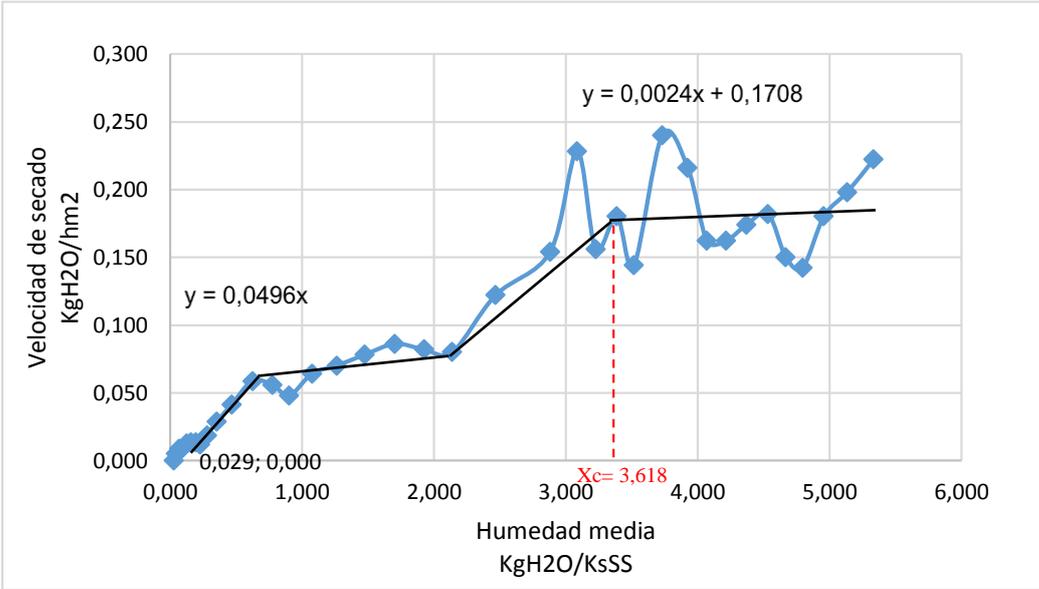


Gráfico 25: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T5 (A2B1C1)

y= 0,0024x + 0,1708	
y=0,0496	
0,0496x=	0,0024x + 0,1708
x=	$\frac{0,1708}{0,0496}$
Xc=	3,618

Según el gráfico 25, los periodos de la velocidad de secado están diferenciados entre el periodo de velocidad constante y el periodo de velocidad decreciente, donde se obtuvo un

tiempo relativamente largo de secado para el periodo antecrítico de 1,799 horas y para el periodo poscrítico de 11,154

Durante el periodo de velocidad constante la evaporación se efectúa de manera constante, este periodo se mantiene hasta que la superficie del producto se encuentre alimentada por agua libre desde el interior fundamentalmente por capilaridad, el diámetro de los poros y los capilares disminuyen a medida que se elimina más cantidad de agua. Mientras, en el periodo de velocidad decreciente se observa tres puntos de inflexión en la curva de secado, donde el movimiento de agua que se genera en el interior del producto y sale hacia la superficie se ve afectado al abrir y cerrar el secador al momento de la toma de datos, los elementos estructurales del producto sufren mayores deformaciones provocando el encogimiento del producto lo cual reduce los espacios libres y el agua empieza a desplazarse por difusión (Colina, Irezabal, 2010)

En el primer periodo de velocidad decreciente el mecanismo de transporte de masa es difusión de vapor desde la zona de evaporación hasta la superficie del producto. El segundo punto de inflexión es parcialmente constante lo que supone que la velocidad de condensación es igual a la velocidad de evaporación en la superficie del producto y permite que no exista acumulación de agua en los poros cerca de la superficie (Keqing, 2004), en el tercer periodo en el alimento no queda más que agua ligada que se evacua muy lentamente la cual termina cuando el producto alcanza la humedad de equilibrio que depende de las condiciones de secado (Casp Vanaclocha & Abril Renquena, 2008).

Para conocer el mecanismo real por el cual se elimina la humedad del producto se graficó el cociente $(W - W_e / W_c - W_e)$ contra el tiempo de secado.

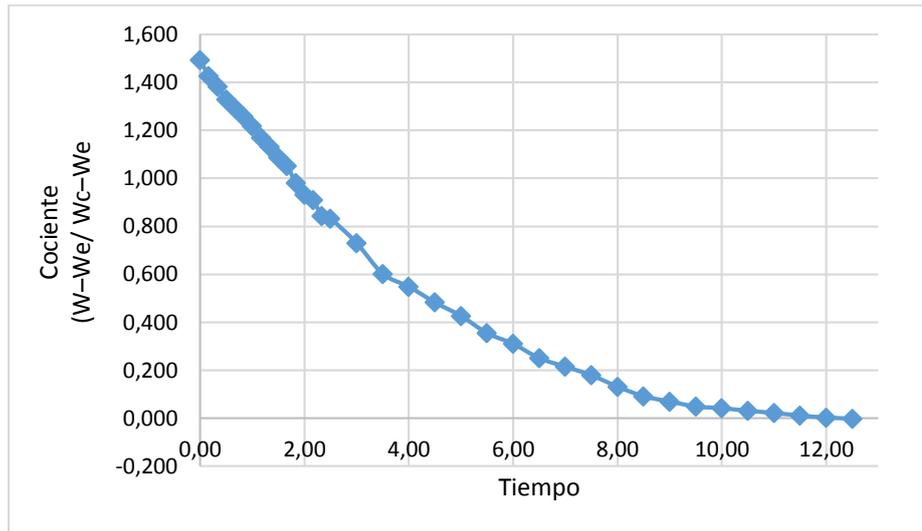


Gráfico 26: Mecanismo de eliminación de humedad

El gráfico 26 muestra que el mecanismo de difusión gobierna el proceso de secado debido a la naturaleza del producto y condiciones de secado, la línea se hace asintótica conforme aumenta el tiempo de secado (Colina, Irezabal, 2010).

4.2.6.3 Cálculo tiempo total de secado

Xo=	5,452
S=	0,093
As=	0,499
Xc=	3,618
Wc=	0,190
Xf=	0,066
Wf=	0,009

Tiempo Antecrítico		Tiempo Poscrítico		
S/As*Wc	Xo-Xc	S/As	Xc-Xf/Wc-Wf	Ln Wc/Wf
0,0981	1,834	0,186	19,624	3,050
Ta=1,798		Tp=11,154		
Tt=12,953				

El tiempo total es de 12,953 horas, valor aproximado al tiempo tomado experimentalmente, se asume que la variación se debe a los puntos de inflexión presentes en la velocidad decreciente.

4.2.7 CINÉTICA DE SECADO PARA EL T6 (velocidad de secado 4 m/s, densidad de carga 0.600 kg/m² y temperatura de secado 40°C).

AREA	0,499
peso inicial (kg)	0,600
% humedad	0,836
kg H2O	0,502
S (kg ss)	0,098
Xbs	5,098
S/A	0,197

Tabla 37: valor de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T6 (A2B1C2).

TIEMPO	PESO	PESO	HUMEDAD		VELOCIDAD	X-Xe/Xc-Xe
		BASE SECA	HUMEDAD	MEDIA		
horas	Kg	Kg SS	KgH2O/KgSS	media ^X	KgH2O/hm	
0,00	0,600	0,098	5,122			
0,17	0,583	0,098	4,949	5,036	0,205	1,826
0,33	0,570	0,098	4,816	4,883	0,157	1,764
0,50	0,551	0,098	4,622	4,719	0,229	1,716
0,67	0,529	0,098	4,398	4,510	0,265	1,646
0,83	0,508	0,098	4,184	4,291	0,253	1,566
1,00	0,493	0,098	4,031	4,107	0,181	1,489
1,17	0,470	0,098	3,796	3,913	0,277	1,434
1,33	0,451	0,098	3,602	3,699	0,229	1,349
1,50	0,431	0,098	3,398	3,500	0,241	1,279
1,67	0,418	0,098	3,265	3,332	0,157	1,206
1,83	0,401	0,098	3,092	3,179	0,205	1,158
2,00	0,387	0,098	2,949	3,020	0,169	1,096
2,17	0,369	0,098	2,765	2,857	0,217	1,045
2,33	0,357	0,098	2,643	2,704	0,145	0,979
2,50	0,338	0,098	2,449	2,546	0,229	0,935
3,00	0,302	0,098	2,082	2,265	0,145	0,865
3,50	0,275	0,098	1,806	1,944	0,109	0,733
4,00	0,247	0,098	1,520	1,663	0,113	0,634
4,50	0,221	0,098	1,255	1,388	0,105	0,531
5,00	0,195	0,098	0,993	1,124	0,103	0,435
5,50	0,173	0,098	0,769	0,881	0,088	0,341
6,00	0,157	0,098	0,599	0,684	0,067	0,261
6,50	0,141	0,098	0,435	0,517	0,064	0,199
7,00	0,131	0,098	0,340	0,388	0,038	0,141
7,50	0,120	0,098	0,221	0,281	0,047	0,106

8,00	0,112	0,098	0,143	0,182	0,031	0,064
8,50	0,108	0,098	0,102	0,122	0,016	0,036
9,00	0,106	0,098	0,078	0,090	0,009	0,021
9,50	0,103	0,098	0,054	0,066	0,009	0,012
10,00	0,101	0,098	0,034	0,044	0,008	0,004
10,50	0,099	0,098	0,014	0,024	0,008	-0,004

En la obtención de tisanas deshidratadas mediante condiciones de tratamiento 6, en proceso se obtuvo una duración de 10,50 horas. Se deduce que el producto fue sobre secado por un periodo de 2,00 horas, esto tomando en cuenta que la norma INEN 2392 indica que el porcentaje de humedad en base húmeda requerido es del 12% (0.136 KgH₂O/Kgss)

4.2.7.1 Curva de secado - T6 (A2B1C2)

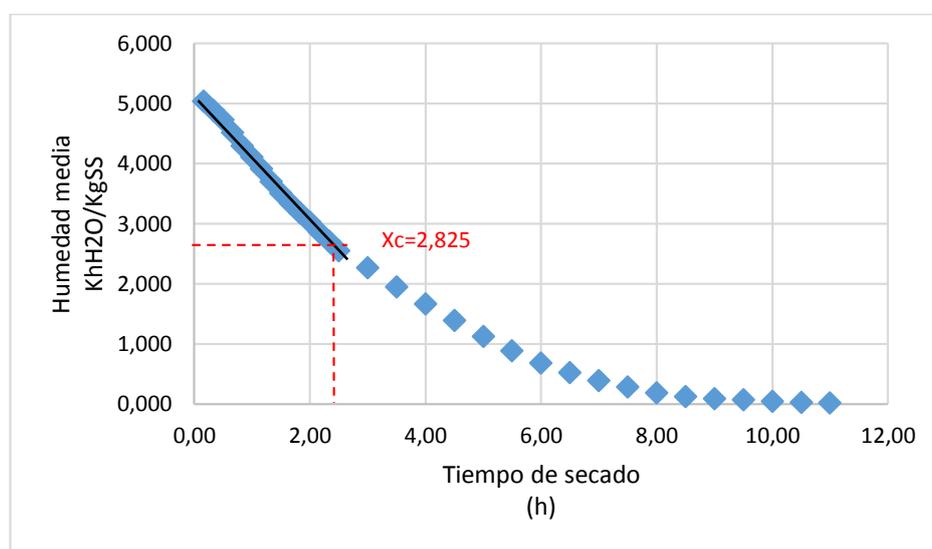


Gráfico 27: Curva de secado T6 (A2B1C2).

El gráfico 27 muestra la curva de secado, donde se pueden distinguir los periodos de secado, el de precalentamiento fue muy corto, por lo que no puede percibirse en el gráfico y los datos a menudo se desprecian en los cálculos de secado como lo indica (Ibarz & Barbosa Cánovas, 2014), el periodo de velocidad constante tuvo una duración de 1,558 horas, durante este periodo la evaporación del agua se efectúa en la superficie del producto a temperatura constante, desde su contenido de humedad inicial $X_0 = 5,122 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ formando una pendiente hasta la humedad crítica $X_c = 2,825 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ y una velocidad crítica $W_c = 0,202$

$\text{kgH}_2\text{O}/\text{m}^2$. Durante este periodo, el principal mecanismo de transporte de masa es el flujo capilar, debido a que su estructura celular está intacta, el agua se desplaza a través de los capilares hacia la superficie donde es eliminada (Colina, Irezabal, 2010). Finalmente, el periodo de velocidad decreciente es aproximadamente de 9,090 horas el cual concluye con una humedad final $X_f=0,044 \text{ kgH}_2\text{O}/\text{kgss}$ con una velocidad de secado $W_f= 0,008 \text{ kgH}_2\text{O}/\text{m}^2$ y una humedad de equilibrio $X^* = 0,024 \text{ kgH}_2\text{O}/\text{kgss}$. Se puede observar, que el tiempo de secado es extenso puesto que la difusión de vapor de agua en el periodo de velocidad decreciente se dificulta debido a la naturaleza del ataco, que es un alimento altamente fibroso.

4.2.7.2 Curva de Velocidad de secado para el T6 (A2B1C2)

En los cálculos de la cinética del proceso de secado, el contenido de humedad se expresa en base seca es decir en función de los sólidos de la muestra ($\text{Kg H}_2\text{O}/\text{Kg solidos secos}$) y la velocidad de secado en $\text{Kg H}_2\text{O}/\text{m}^2 - \text{área}$, con la finalidad de facilitar los cálculos respectivos. Anexo 2

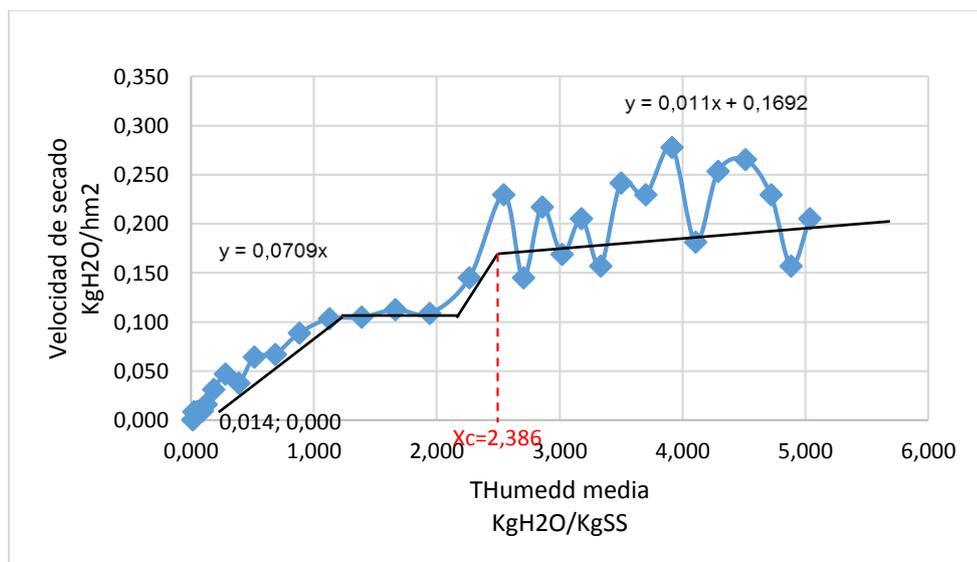


Gráfico 28: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T6 (A2B1C2)

$y = 0,011x + 0,1692$	
$y = 0,0709x$	
$0,0709x =$	$0,011x + 0,1692$
$0,0599x =$	$0,1692$
$x =$	$\frac{0,1692}{0,0599}$
$X_c =$	$2,825$

Según el gráfico 28, los periodos de la velocidad de secado están diferenciados entre el periodo de velocidad constante y el periodo de velocidad decreciente, donde se obtuvo un tiempo relativamente largo de secado para el periodo antecrítico de 2,233 horas y para el periodo poscrítico de 9,090.

Durante el periodo de velocidad constante la evaporación se efectúa de manera constante, este periodo se mantiene hasta que la superficie del producto se encuentre alimentada por agua libre desde el interior fundamentalmente por capilaridad, el diámetro de los poros y los capilares disminuyen a medida que se elimina más cantidad de agua. Mientras, en el periodo de velocidad decreciente se observa tres puntos de inflexión en la curva de secado, donde el movimiento de agua que se genera en el interior del producto y sale hacia la superficie se ve afectado al abrir y cerrar el secador al momento de la toma de datos, los elementos estructurales del producto sufren mayores deformaciones provocando el encogimiento del producto lo cual reduce los espacios libres y el agua empieza a desplazarse por difusión (Colina, Irezabal, 2010)

En el primer periodo de velocidad decreciente el mecanismo de transporte de masa es difusión de vapor desde la zona de evaporación hasta la superficie del producto. El segundo punto de inflexión es ligeramente constante lo que supone que la velocidad de condensación es igual a la velocidad de evaporación en la superficie del producto y permite que no exista acumulación de agua en los poros cerca de la superficie (Keqing, 2004), en el tercer periodo en el alimento no queda más que agua ligada que se evacua muy lentamente la cual termina cuando el producto alcanza la humedad de equilibrio que depende de las condiciones de secado (Casp Vanaclocha & Abril Renquena, 2008).

Para conocer el mecanismo real por el cual se elimina la humedad del producto se graficó el cociente $(W - W_e / W_c - W_e)$ contra el tiempo de secado.

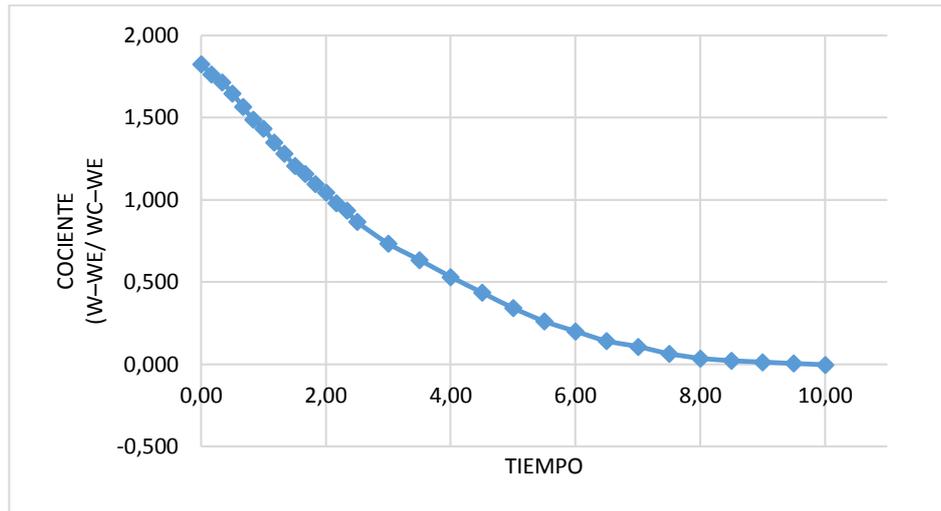


Gráfico 29: Mecanismo de eliminación de humedad

El gráfico 29 muestra que el mecanismo de difusión gobierna el proceso de secado debido a la naturaleza del producto y condiciones de secado, la línea se hace asintótica conforme aumenta el tiempo de secado (Colina, Irezabal, 2010).

4.2.7.3 Cálculo tiempo total de secado

X ₀ =	5,122
S=	0,098
A _s =	0,499
X _c =	2,825
W _c =	0,202
X _f =	0,044
W _f =	0,008

Tiempo Anticrítico		Tiempo Poscrítico		
S/As*Wc	X ₀ -X _c	S/As	X _c -X _f /W _c -W _f	Ln W _c /W _f
0,972	2,297	0,196	14,335	3,229
T_a=2,233		T_p=9,090		
T_t=11,323				

El tiempo total es de 11,323 horas valor aproximado al tiempo tomado experimentalmente, se asume que la variación se debe a los puntos de inflexión presentes en la velocidad decreciente

4.2.8 CINÉTICA DE SECADO PARA T7 (velocidad de secado 4 m/s, densidad de carga 1 kg/m² y temperatura de secado 30°C).

AREA	0,499
peso inicial (kg)	0,600
% humedad	0,822
kg H2O	0,493
S (kg ss)	0,107
Xbs	4,618
S/A	0,214

Tabla 38: Comportamiento de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T7 (A2B2C1).

TIEMPO	PESO	PESO	HUMEDAD	HUMEDAD	VELOCIDAD	X-Xe/Xc-Xe
		BASE SECA		MEDIA		
horas	Kg	Kg SS	KgH2O/KgSS	media ^X	KgH2O/hm	
0,00	1,000	0,107	8,346			
0,17	0,982	0,107	8,178	8,262	0,216	1,480
0,33	0,965	0,107	8,019	8,098	0,204	1,448
0,50	0,947	0,107	7,850	7,935	0,216	1,419
0,67	0,928	0,107	7,673	7,762	0,228	1,387
0,83	0,909	0,107	7,495	7,584	0,228	1,354
1,00	0,886	0,107	7,280	7,388	0,276	1,321
1,17	0,868	0,107	7,112	7,196	0,216	1,281
1,33	0,852	0,107	6,963	7,037	0,192	1,249
1,50	0,836	0,107	6,813	6,888	0,192	1,221
1,67	0,813	0,107	6,598	6,706	0,276	1,193
1,83	0,797	0,107	6,445	6,522	0,196	1,153
2,00	0,779	0,107	6,280	6,363	0,212	1,125
2,17	0,767	0,107	6,168	6,224	0,144	1,094
2,33	0,745	0,107	5,963	6,065	0,264	1,073
2,50	0,723	0,107	5,757	5,860	0,264	1,034
3,00	0,678	0,107	5,336	5,547	0,180	0,996
3,50	0,643	0,107	5,009	5,173	0,140	0,917
4,00	0,585	0,107	4,467	4,738	0,232	0,856
4,50	0,552	0,107	4,159	4,313	0,132	0,755
5,00	0,518	0,107	3,841	4,000	0,136	0,697
5,50	0,492	0,107	3,598	3,720	0,104	0,638
6,00	0,465	0,107	3,346	3,472	0,108	0,592
6,50	0,441	0,107	3,121	3,234	0,096	0,545
7,00	0,417	0,107	2,897	3,009	0,096	0,503

7,50	0,392	0,107	2,664	2,780	0,100	0,461
8,00	0,364	0,107	2,399	2,531	0,113	0,418
8,50	0,338	0,107	2,159	2,279	0,103	0,368
9,00	0,309	0,107	1,888	2,023	0,116	0,323
9,50	0,285	0,107	1,664	1,776	0,096	0,273
10,00	0,263	0,107	1,458	1,561	0,088	0,231
10,50	0,244	0,107	1,277	1,368	0,077	0,192
11,00	0,227	0,107	1,118	1,198	0,068	0,158
11,50	0,212	0,107	0,978	1,048	0,060	0,129
12,00	0,198	0,107	0,850	0,914	0,055	0,102
12,50	0,188	0,107	0,760	0,805	0,039	0,079
13,00	0,180	0,107	0,682	0,721	0,033	0,062
13,50	0,175	0,107	0,636	0,659	0,020	0,047
14,00	0,170	0,107	0,589	0,612	0,020	0,038
14,50	0,166	0,107	0,551	0,570	0,016	0,030
15,00	0,161	0,107	0,508	0,530	0,019	0,023
15,50	0,158	0,107	0,477	0,492	0,013	0,015
16,00	0,155	0,107	0,449	0,463	0,012	0,009
16,50	0,151	0,107	0,411	0,430	0,016	0,003
17,00	0,148	0,107	0,383	0,397	0,012	-0,004

En la obtención de tisanas en condiciones de secado controladas del T7, el proceso de secado tuvo un tiempo de duración de 17,00 horas.

4.2.8.1 Curva de secado - T7 (A2B2C1)

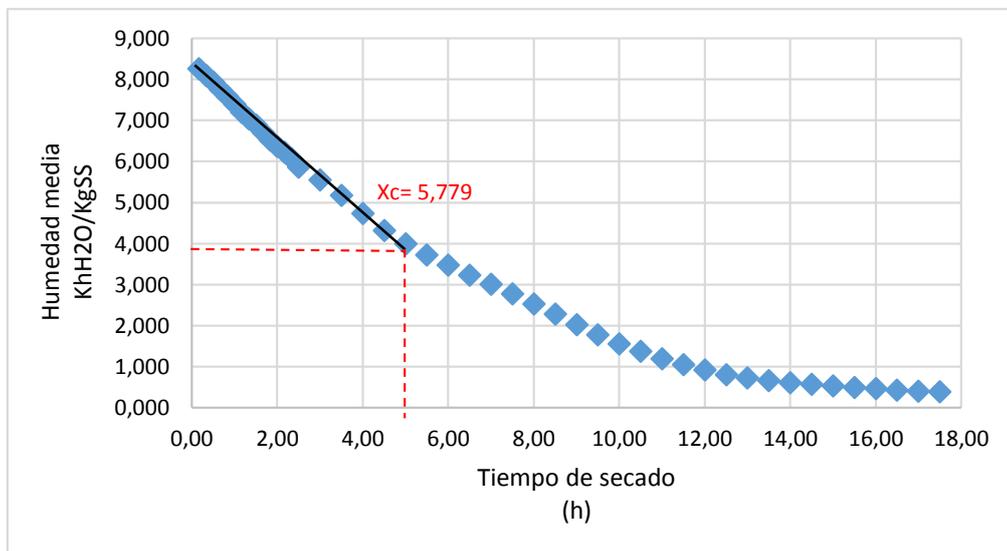


Gráfico 30: Curva de secado T7 (A2B2C1).

El gráfico 30 muestra la curva de secado, donde se pueden distinguir los periodos de secado, el de precalentamiento fue muy corto, por lo que no puede percibirse en el gráfico y los datos a menudo se desprecian en los cálculos de secado como lo indica (Ibarz & Barbosa Cánovas, 2014), el periodo de velocidad constante tuvo una duración de 2,275 horas, durante este periodo la evaporación del agua se efectúa en la superficie del producto a temperatura constante, desde su contenido de humedad inicial $X_o=8,346 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ formando una pendiente hasta la humedad crítica $X_c=5,779 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ y una velocidad crítica $W_c=0,242 \text{ kgH}_2\text{O/m}^2$. Durante este periodo, el principal mecanismo de transporte de masa es el flujo capilar, debido a que su estructura celular está intacta, el agua se desplaza a través de los capilares hacia la superficie donde es eliminada (Colina, Irezabal, 2010). Finalmente, el periodo de velocidad decreciente es aproximadamente de 13,785 horas el cual concluye con una humedad final $X_f=0,430 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ con una velocidad de secado $W_f= 0,016 \text{ kgH}_2\text{O/m}^2$ y una humedad de equilibrio $X^*=0,397 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$. Se puede observar, que el tiempo de secado es extenso puesto que la difusión de vapor de agua en el periodo de velocidad decreciente se dificulta debido a la naturaleza del ataco, que es un alimento altamente fibroso.

4.2.8.2 Curva de velocidad de secado - T7 (A2B2C1)

En los cálculos de la cinética del proceso de secado, el contenido de humedad se expresa en base seca es decir en función de los sólidos de la muestra ($\text{Kg H}_2\text{O/Kg solidos secos}$) y la velocidad de secado en $\text{Kg H}_2\text{O/m}^2 - \text{área}$, con la finalidad de facilitar los cálculos respectivos. Anexo 2

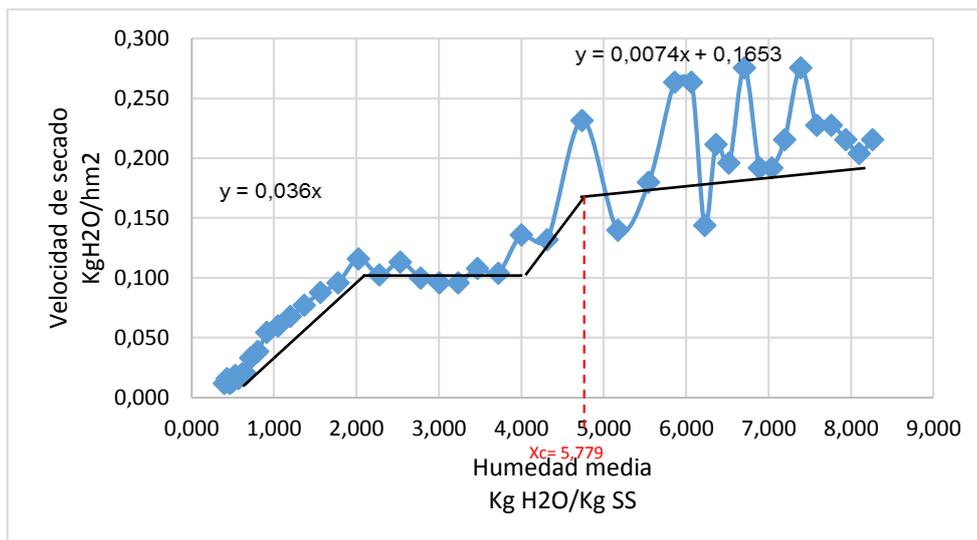


Gráfico 31: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T7 (A2B2C1)

$y = 0,0074x + 0,1653$	
$y = 0,036x$	
$0,036x =$	$0,0074x + 0,1653$
$0,0286x =$	$0,1653$
$x =$	$\frac{0,1653}{0,0286}$
$x =$	$5,779$

Según el gráfico 31, los periodos de la velocidad de secado están diferenciados entre el periodo de velocidad constante y el periodo de velocidad decreciente, donde se obtuvo un tiempo relativamente largo de secado para el periodo antecrítico de 2,275 horas y para el periodo poscrítico de 13,785

Durante el periodo de velocidad constante la evaporación se efectúa de manera constante, este periodo se mantiene hasta que la superficie del producto se encuentre alimentada por agua libre desde el interior fundamentalmente por capilaridad, el diámetro de los poros y los capilares disminuyen a medida que se elimina más cantidad de agua. Mientras, en el periodo de velocidad decreciente se observa tres puntos de inflexión en la curva de secado, donde el movimiento de agua que se genera en el interior del producto y sale hacia la superficie se ve afectado al abrir y cerrar el secador al momento de la toma de datos, los elementos estructurales del producto sufren mayores deformaciones provocando el encogimiento del producto lo cual reduce los espacios libres y el agua empieza a desplazarse por difusión (Colina, Irezabal, 2010)

En el primer periodo de velocidad decreciente el mecanismo de transporte de masa es difusión de vapor desde la zona de evaporación hasta la superficie del producto. En el segundo punto de inflexión supone que la velocidad de condensación es igual a la velocidad de evaporación en la superficie del producto y permite que no exista acumulación de agua en los poros cerca de la superficie (Keqing, 2004), en el tercer periodo en el alimento no queda más que agua ligada que se evacua muy lentamente la cual termina cuando el producto alcanza la humedad de equilibrio que depende de las condiciones de secado (Casp Vanaclocha & Abril Renquena, 2008).

Para conocer el mecanismo real por el cual se elimina la humedad del producto se graficó el cociente $(W - W_e / W_c - W_e)$ contra el tiempo de secado.

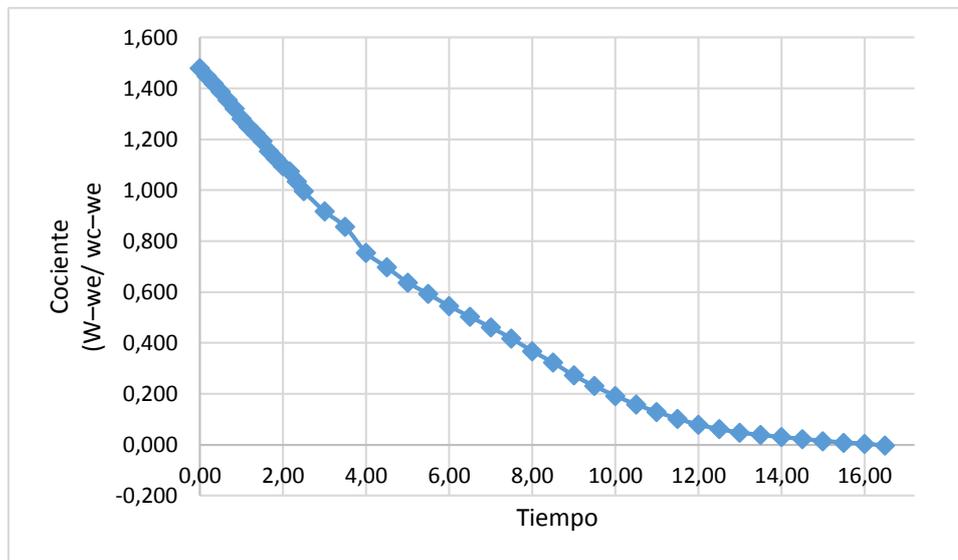


Gráfico 32: Mecanismo de eliminación de humedad

4.2.8.3 Cálculo tiempo total de secado

Xo=	8,346
S=	0,107
As=	0,499
Xc=	4,779
Wc=	0,242
Xf=	0,430
Wf=	0,016

Tiempo Antecrítico		Tiempo Poscrítico		
S/As*Wc	Xo-Xc	S/As	Xc-Xf/Wc-Wf	Ln Wc/Wf
0,886	2,567	0,214	23,668	2,716
Ta= 2,275		Tp=13,786		
Tt=16,060				

El tiempo total es de 16,060 horas valor aproximado al tiempo tomado experimentalmente, se asume que la variación se debe a los puntos de inflexión presentes en la velocidad decreciente por efecto de pérdidas de calor al abrir y cerrar el secador en el registro de datos.

4.2.9 CINÉTICA DE SECADO PARA EL T8 (velocidad de secado 4 m/s, densidad de carga 1 kg/m² y temperatura de secado 40°C).

AREA	0,499
peso inicial (kg)	0,600
% humedad	0,817
kg H2O	0,490
S (kg ss)	0,110
Xbs	4,464
S/A	0,400

Tabla 39: Comportamiento de humedad y velocidad de secado para el tratamiento T8 (A2B2C2).

TIEMPO	PESO	PESO BASE SECA	HUMEDAD		VELOCIDAD	X-Xe/Xc-Xe
			HUMEDAD	MEDIA		
horas	Kg	Kg SS	KgH2O/KgSS	media ^X	KgH2O/hm	
0,00	1,000	0,110	8,091			
0,17	0,972	0,110	7,836	7,964	0,336	1,527
0,33	0,948	0,110	7,618	7,727	0,288	1,476
0,50	0,919	0,110	7,355	7,486	0,348	1,433
0,67	0,883	0,110	7,027	7,191	0,432	1,380
0,83	0,854	0,110	6,764	6,895	0,348	1,314
1,00	0,829	0,110	6,536	6,650	0,300	1,262
1,17	0,804	0,110	6,309	6,423	0,300	1,216
1,33	0,772	0,110	6,021	6,165	0,380	1,171
1,50	0,742	0,110	5,745	5,883	0,364	1,113
1,67	0,715	0,110	5,500	5,623	0,324	1,058
1,83	0,689	0,110	5,264	5,382	0,312	1,009
2,00	0,661	0,110	5,009	5,136	0,336	0,961

2,17	0,631	0,110	4,736	4,873	0,360	0,910
2,33	0,611	0,110	4,555	4,645	0,240	0,856
2,50	0,581	0,110	4,282	4,418	0,360	0,819
3,00	0,534	0,110	3,855	4,068	0,188	0,765
3,50	0,487	0,110	3,427	3,641	0,188	0,679
4,00	0,446	0,110	3,055	3,241	0,164	0,594
4,50	0,415	0,110	2,773	2,914	0,124	0,519
5,00	0,376	0,110	2,418	2,595	0,156	0,463
5,50	0,340	0,110	2,091	2,255	0,144	0,392
6,00	0,308	0,110	1,800	1,945	0,128	0,326
6,50	0,279	0,110	1,536	1,668	0,116	0,268
7,00	0,256	0,110	1,327	1,432	0,092	0,215
7,50	0,227	0,110	1,067	1,197	0,115	0,173
8,00	0,206	0,110	0,876	0,971	0,084	0,121
8,50	0,192	0,110	0,742	0,809	0,059	0,083
9,00	0,181	0,110	0,642	0,692	0,044	0,056
9,50	0,175	0,110	0,591	0,617	0,023	0,036
10,00	0,170	0,110	0,542	0,567	0,021	0,026
10,50	0,167	0,110	0,515	0,529	0,012	0,016
11,00	0,162	0,110	0,476	0,495	0,017	0,011
11,50	0,159	0,110	0,448	0,462	0,012	0,003

La obtención de tisanas mediante condiciones controladas por tratamiento T8, el proceso obtuvo una duración de 11,50 horas.

4.2.9.1 Curva de secado - T8 (A2B2C2)

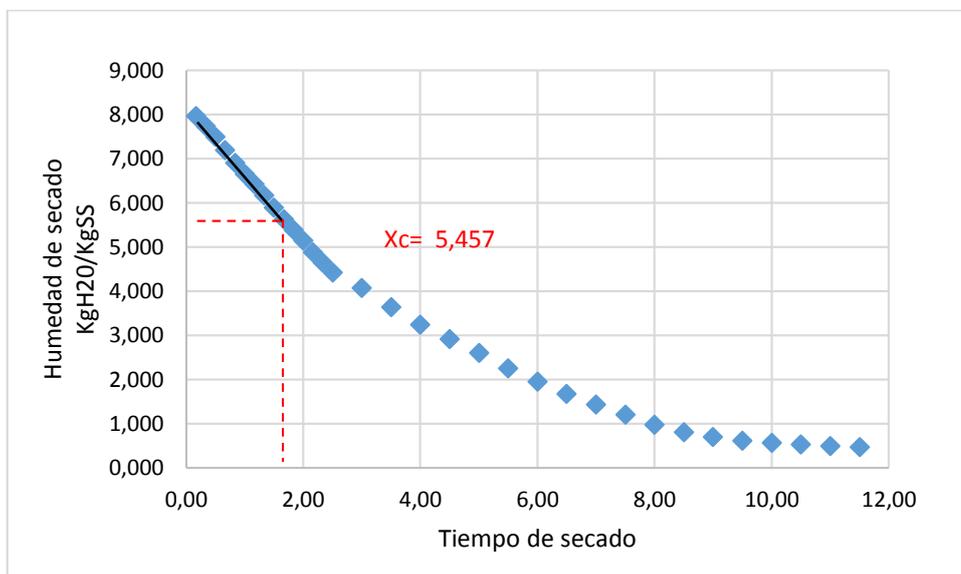


Gráfico 33: Curva de secado T8 (A2B2C2).

El gráfico 33 muestra la curva de secado, donde se pueden distinguir los periodos de secado, el de precalentamiento fue muy corto, por lo que no puede percibirse en el gráfico y los datos a menudo se desprecian en los cálculos de secado como lo indica (Ibarz & Barbosa Cánovas, 2014) el periodo de velocidad constante tuvo una duración de 2,180 horas, durante este periodo la evaporación del agua se efectúa en la superficie del producto a temperatura constante, desde su contenido de humedad inicial $X_0 = 8,091 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ formando una pendiente hasta la humedad crítica $X_c = 5,457 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ y una velocidad crítica $W_c = 0,315 \text{ kgH}_2\text{O/m}^2$. Durante este periodo, el principal mecanismo de transporte de masa es el flujo capilar, debido a que su estructura celular está intacta, el agua se desplaza a través de los capilares hacia la superficie donde es eliminada (Colina, Irezabal, 2010). Finalmente, el periodo de velocidad decreciente es aproximadamente de 10,716 horas el cual concluye con una humedad final $X_f = 0,495 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$ con una velocidad de secado $W_f = 0,017 \text{ kgH}_2\text{O/m}^2$ y una humedad de equilibrio $X^* = 0,462 \text{ kgH}_2\text{O/kgss}$. Se puede observar, que el tiempo de secado es extenso puesto que la difusión de vapor de agua en el periodo de velocidad decreciente se dificulta debido a la naturaleza del ataco, que es un alimento altamente fibroso.

4.2.9.2 Curva de velocidad de secado para el T8 (A2B2C2)

En los cálculos de la cinética del proceso de secado, el contenido de humedad se expresa en base seca es decir en función de los sólidos de la muestra ($\text{Kg H}_2\text{O/Kg solidos secos}$) y la velocidad de secado en $\text{Kg H}_2\text{O/m}^2 \cdot \text{área}$, con la finalidad de facilitar los cálculos respectivos. Anexo 2

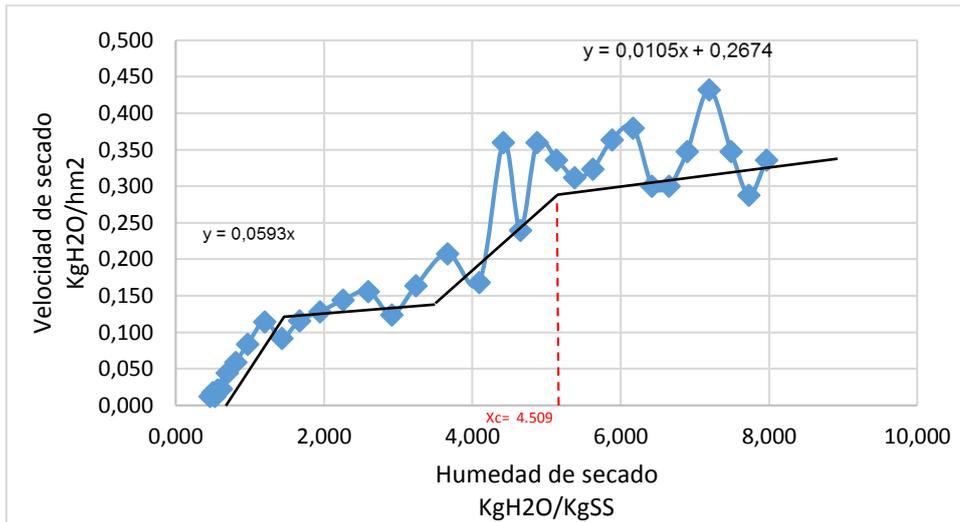


Gráfico 34: Velocidad de secado vs Humedad de sólido para T8 (A2B2C8)

$y = 0,0593x$	
$y = 0,0105x + 0,2674$	
$0,0593 =$	$0,2674$
$x =$	$\frac{0,2674}{0,0593}$
$x =$	$4,509$

Según el gráfico 31, los periodos de la velocidad de secado están diferenciados entre el periodo de velocidad constante y el periodo de velocidad decreciente, donde se obtuvo un tiempo relativamente largo de secado para el periodo antecrítico de 1,843 horas y para el periodo poscrítico de 10,716.

Durante el periodo de velocidad constante la evaporación se efectúa de manera constante, este periodo se mantiene hasta que la superficie del producto se encuentre alimentada por agua libre desde el interior fundamentalmente por capilaridad, el diámetro de los poros y los capilares disminuyen a medida que se elimina más cantidad de agua. Mientras, en el periodo de velocidad decreciente se observa tres puntos de inflexión en la curva de secado, donde el movimiento de agua que se genera en el interior del producto y sale hacia la superficie se ve afectado al abrir y cerrar el secador al momento de la toma de datos, los elementos estructurales del producto sufren mayores deformaciones provocando el encogimiento del

producto lo cual reduce los espacios libres y el agua empieza a desplazarse por difusión (Colina, Irezabal, 2010)

En el primer periodo de velocidad decreciente el mecanismo de transporte de masa es difusión de vapor desde la zona de evaporación hasta la superficie del producto. El segundo punto de inflexión es parcialmente constante lo que supone que la velocidad de condensación es igual a la velocidad de evaporación en la superficie del producto y permite que no exista acumulación de agua en los poros cerca de la superficie (Keqing, 2004), en el tercer periodo en el alimento no queda más que agua ligada que se evacua muy lentamente la cual termina cuando el producto alcanza la humedad de equilibrio que depende de las condiciones de secado (Casp Vanaclocha & Abril Renquena, 2008).

Para conocer el mecanismo real por el cual se elimina la humedad del producto se graficó el cociente $(W - W_e) / (W_c - W_e)$ contra el tiempo de secado.

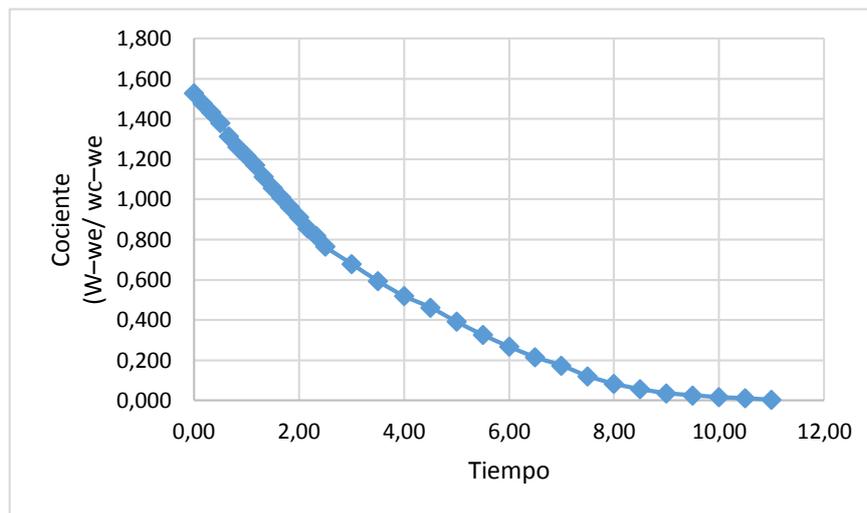


Gráfico 35: Mecanismo de eliminación de humedad

El gráfico 35 muestra que el mecanismo de difusión gobierna el proceso de secado debido a la naturaleza del producto y condiciones de secado, la línea se hace asintótica conforme aumenta el tiempo de secado (Colina, Irezabal, 2010).

4.2.9.3 Cálculo tiempo total de secado

Xo=	8,091
S=	0,110
As=	0,499
Xc=	5,457
Wc=	0,315
Xf=	0,495
Wf=	0,017

Tiempo Antecrítico		Tiempo Poscrítico		
S/As*Wc	Xo-Xc	S/As	Xc-Xf/Wc-Wf	Ln Wc/Wf
0,700	2,634	0,220	16,651	2,919
	Ta=1,843		Tp=10,716	
Tt=12,559				

El tiempo total es de 12,219 horas valor aproximado al tiempo tomado experimentalmente, se asume que la variación se debe a los puntos de inflexión presentes en la velocidad decreciente.

4.2.10 MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES CUALITATIVAS PARA LA MEZCLA DE HIERBAS.

La homogenización repercute sobre el color de algunos alimentos. Así, en muchos alimentos, la emulsificación mejora el sabor y el aroma ya que provoca la dispersión de los componentes volátiles, incrementando su contacto con las papilas gustativas.

4.2.10.1 Prueba de comparaciones múltiples.

Las variables cualitativas analizadas fueron color, aroma, sabor y aceptabilidad. El análisis sensorial se realizó a todas las mezclas con un panel de 15 degustadores, conformado por 15 estudiantes de la Universidad Técnica del Norte, utilizando fichas de evaluación organoléptica.

Para la evaluación de los datos registrados, se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman, donde:

$$x^2 = \frac{12}{rxt(t+1)} \sum R^2 - 3r(t+1)$$

r = Numero de degustadores.

t = Tratamientos.

ΣR^2 = Sumatoria de rangos al cuadrado.

Para Anzaldúa Morales (1994), “este método se llama método de comparaciones múltiples y resulta muy útil para evaluar el efecto de variaciones en una formulación, la sustitución de un ingrediente, material de empaque, las condiciones de proceso, entre otros”

4.2.10.2 color.

Hernández (2005) indica que la evaluación sensorial del color que es un atributo externo se realiza a través del sentido de la vista, para que un producto sea de calidad debe presentar un color uniforme y atractivo, esto determinará su aceptabilidad. Se elaboró una ficha en la que se asignó rangos y sus respectivos valores, donde se calificó del 1 al 5 la percepción del color desde el menos hasta el más agradable; siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta.

Anexo 13

Tabla 40: Evaluación sensorial de color

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	Sumatoria	Media
MC1	7,5	7,5	8	8	8,5	8,5	5,5	5	7	3,5	1	1	6	5	5,5	87,5	5,83
MC2	7,5	1	5	2	5,5	6	5,5	1,5	2,5	3,5	3,5	3,5	1,5	1,5	1,5	51,5	3,43
MC3	9	3,5	2	5	2	3	5,5	5	7	8,5	7,5	3,5	6	5	3	75,5	5,03
MHL4	5	3,5	8	8	8,5	8,5	9	8,5	2,5	1	7,5	7	6	5	5,5	93,5	6,23
MHL5	5	7,5	5	5	5,5	3	1,5	5	2,5	3,5	3,5	3,5	6	5	1,5	63	4,2
MHL6	5	3,5	2	2	2	3	1,5	5	7	3,5	7,5	7	6	1,5	5,5	62	4,13
MM7	2	3,5	8	8	5,5	6	5,5	8,5	7	6,5	7,5	3,5	6	5	5,5	88	5,87
MM8	2	7,5	5	5	2	6	5,5	5	7	8,5	3,5	7	1,5	8	8,5	82	5,47
MM9	2	7,5	2	2	5,5	1	5,5	1,5	2,5	6,5	3,5	9	6	9	8,5	72	4,8

Tabla 41: Resultados del cálculo en la variable color

Variables	X ² Cal	X ² Tab	
cualitativas		5%	1%
Color	14,14*	15,507	20,09

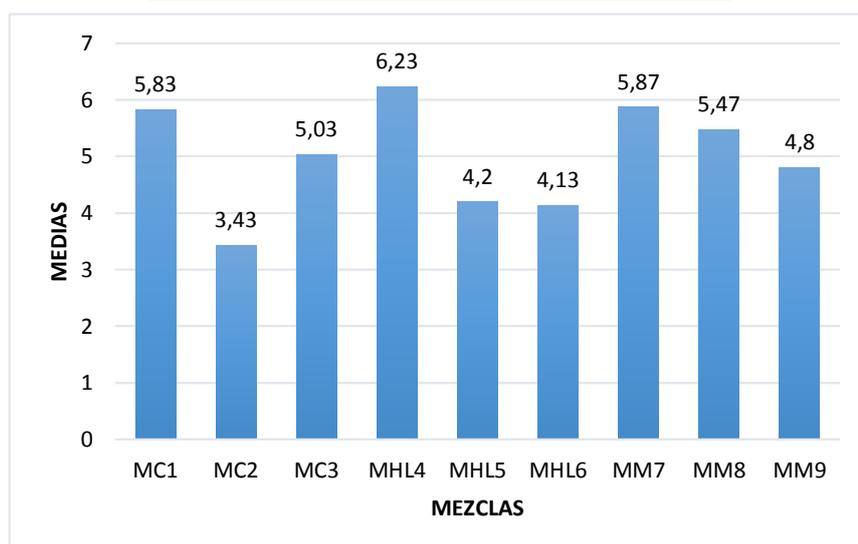


Gráfico 36: Valoración de color

La tabla 40, se puede apreciar las mejores mezclas para la variable color, por lo tanto, MHL4 (100% planta seca de ataco y 0% hierba luisa) y MM7 (100% planta seca de ataco y 0% cedrón) son las de mayor puntaje, ubicándose dentro de la escala de llamativo a la vista de los degustadores.

A pesar de los resultados obtenidos en el análisis sensorial, los catadores encontraron diferencia significativa en el color de las mezclas (tabla 41). Sin embargo, los que presentaron un mayor puntaje fueron aquellos en los que el producto presentó un color más acentuado (rojo intenso). Lo que se pudo observar en la mezcla, es que se vio influenciado por el porcentaje de ataco, el cual realizó los cambios en las características organolépticas del producto final.

El secado produce cambios en las características de la superficie del alimento y por tanto su color, los cambios químicos que se generan en el caroteno y la clorofila se producen por el calor y oxidación durante el secado, Sin embargo, se indica que cuando más largo es el proceso de secado y la temperatura es más elevada mayores son las pérdidas de pigmentos (Fellows, 2002).

4.2.10.3 aroma

Según Morales (1994) “el aroma es la percepción por medio de la nariz de sustancias volátiles de objetos o productos. Además, para Hernandez (2005) el primer atributo tiene que ver con el producido por los alimentos por la volatilización de sustancias que se esparcen por el aire llegando hasta la nariz y el segundo consiste en la percepción de sustancias aromáticas de un alimento después de colocarlo en la boca. Se elaboró una ficha en la que se asignó rangos y sus respectivos valores, donde se calificó del 1 al 5 la percepción del aroma desde el menor hasta el más fuerte; siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta.

Anexo 13

Tabla 42. Evaluación sensorial de aroma.

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	Sumatoria	Media
MC1	3,5	2,5	9	6,5	2	7	4,5	4	4,5	2	7	1,5	5	3,5	4	66,5	4,43
MC2	7	2,5	4	2,5	6	4,5	4,5	4	1	5	7	5	5	3,5	4	65,5	4,37
MC3	3,5	7	1,5	2,5	2	4,5	1	7,5	4,5	2	1,5	5	1,5	3,5	4	51,5	3,43
MHL4	7	2,5	1,5	6,5	6	2	4,5	9	4,5	2	4	8,5	5	3,5	4	70,5	4,7
MHL5	3,5	7	7	6,5	2	7	4,5	4	4,5	5	7	5	5	8	4	80	5,33
MHL6	7	2,5	7	2,5	6	2	8	4	8,5	8	4	5	8	8	4	84,5	5,63
MM7	1	7	4	2,5	6	9	4,5	4	4,5	8	4	1,5	5	3,5	4	68,5	4,57
MM8	9	7	7	9	6	7	9	7,5	8,5	5	9	8,5	9	8	8,5	118	7,87
MM9	3,5	7	4	6,5	9	2	4,5	1	4,5	8	1,5	5	1,5	3,5	8,5	70	4,67

Tabla 43: Resultados del cálculo en la variable aroma

Variables	X ² Cal	X ² Tab	
cuantitativas		5%	1%
Aroma	24,59 **	15,51	20,09

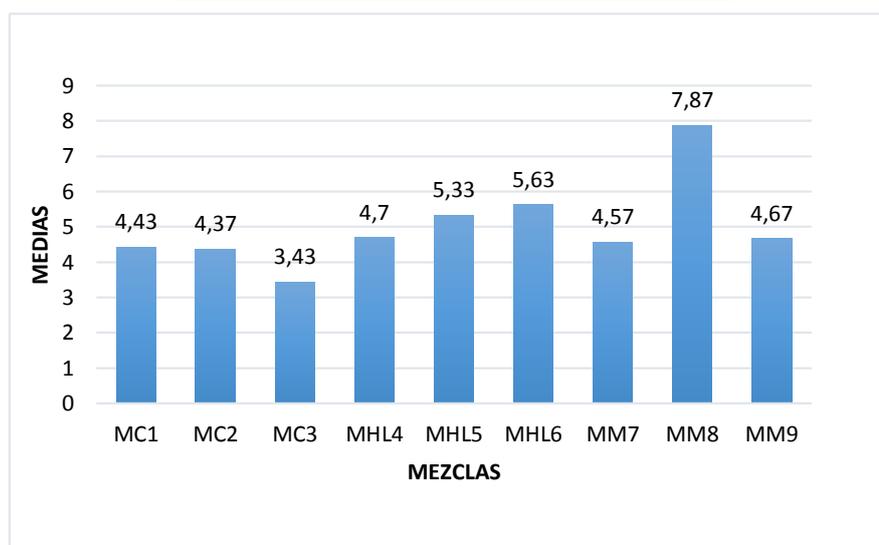


Gráfico 37: Valoración de aroma

La tabla 41 se puede apreciar las mejores mezclas para la variable aroma así: MM8 (80% planta seca de ataco y 20% menta) y MHL6 (60% planta seca de ataco y 40% hierba luisa), esto indica que las mezclas son las más llamativas al olfato de los degustadores.

Los catadores encontraron diferencia altamente significativa en el aroma para las mezclas (tabla 42). Sin embargo, los que presentaron un mayor puntaje fueron aquellos en los que el producto presentó un aroma más fuerte (muy fuerte). Lo que se pudo apreciar en las mezclas, fue que se vieron influenciadas por el porcentaje de ataco, el cual realizó los cambios en las características organolépticas del producto final.

Una de las causas de pérdidas de aroma la constituye la oxidación de pigmentos, vitaminas y lípidos durante el almacenamiento, la oxidación se produce por presencia de oxígeno, como consecuencia de la estructura porosa que se desarrolla durante el secado, la velocidad de deterioro depende en gran medida a la actividad de agua del alimento y la temperatura de almacenamiento. (Fellows, 2002)

4.2.10.4 sabor.

Para Hernandez (2005) El sentido del gusto hace referencia a los sabores en los alimentos. Este atributo hace referencia a la combinación de tres propiedades: olor, aroma y gusto. Cuando un individuo o catador se encuentra resfriado no puede percibir olores ni sabores, es por esto que cuando se realice una evaluación sensorial de sabor, no sólo se debe tener en cuenta que la lengua del panelista este en perfectas condiciones, además no debe tener problemas en la nariz y garganta. Se elaboró una ficha en la que se asignó rangos y sus respectivos valores, donde se calificó del 1 al 5 la percepción del sabor de menor a mayor siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta. Anexo 13

Tabla 44: Evaluación Sensorial Del Sabor.

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	Sumatoria	Media
MC1	5,5	4	6,5	1,5	4	6	4	9	5,5	3,5	4	3,5	8,5	4,5	3,5	73,5	4,90
MC2	5,5	1	6,5	4	8,5	3	4	7	8,5	1	4	8,5	8,5	4,5	3,5	78,00	5,20
MC3	5,5	4	6,5	7	4	8,5	8	4	2	8,5	1	3,5	6,5	4,5	3,5	77,00	5,13
MHL4	9	4	3	7	1,5	3	4	7	5,5	3,5	4	3,5	3,5	8,5	3,5	70,50	4,70
MHL5	5,5	7,5	1	4	4	1	8	1,5	5,5	3,5	4	1	3,5	1	3,5	54,50	3,63
MHL6	1,5	4	3	1,5	6,5	3	4	1,5	5,5	6,5	9	6,5	3,5	4,5	7,5	68,00	4,53
MM7	5,5	9	3	4	8,5	6	1	4	2	6,5	4	6,5	3,5	4,5	3,5	71,50	4,77
MM8	5,5	7,5	9	9	6,5	8,5	8	4	2	8,5	7,5	8,5	1	8,5	7,5	101,50	6,77
MM9	1,5	4	6,5	7	1,5	6	4	7	8,5	3,5	7,5	3,5	6,5	4,5	9	80,50	5,37

Tabla 45: Resultados del cálculo en la variable sabor

Variables	X ² Cal	X ² Tab	
cualitativas		5%	1%
Color	11,11ns	15,51	20,09

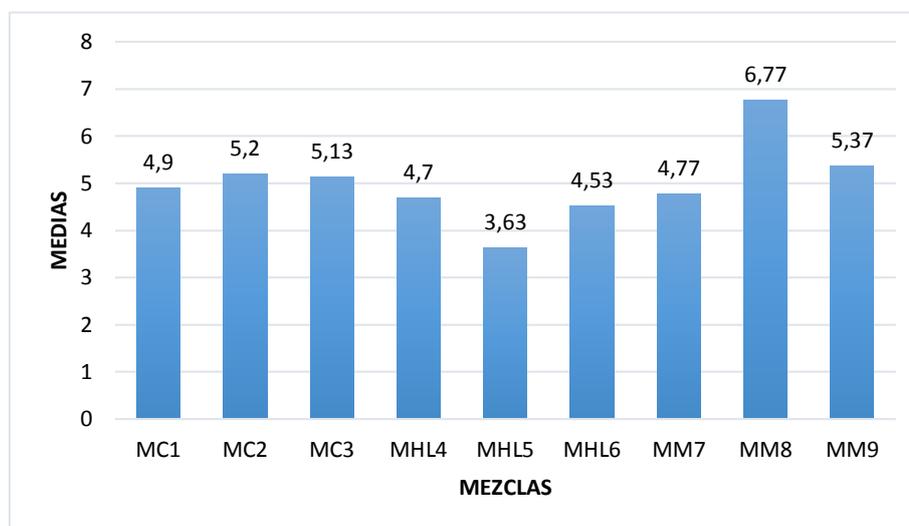


Gráfico 38: Valoración de sabor

No existe significancia para esta variable, sin embargo, las mejores mezclas por tener las medias más altas son: MM8 (80% planta seca de ataco y 20% menta) y MM9 (60% planta seca de ataco y 40% menta), por lo tanto se puede decir que estas mezclas son las llamativas al sabor de acuerdo a los degustadores.

De acuerdo con los resultados del análisis sensorial, los catadores mostraron preferencia por la mezcla con porcentaje a menta, la cual es la más apreciable a la sensibilidad gustativa de los degustadores.

El aroma y sabor de los alimentos se debe a ciertos componentes orgánicos, volátiles, con una presión de vapor superior a la del agua. Esta diferencia de volatilidades da lugar a la pérdida de aromas y sabores durante el secado cuando mayor es la temperatura que adquiere el producto. (Aguado Alonso, y otros, 2002)

4.2.10.5 aceptabilidad.

B.M. Watts (1992) menciona que las pruebas de aceptabilidad se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores. Para determinar la aceptabilidad de un producto se pueden usar escalas categorizadas, pruebas de ordenamiento y pruebas de comparación pareada. La aceptabilidad de un producto generalmente indica el uso real del producto (compra y consumo). Se elaboró una ficha en la que se asignó rangos y sus respectivos valores, donde se calificó del 1 al 5 la aceptación del producto por parte del degustador, de menor a mayor; siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta. Anexo 13

Tabla 46: Escala de Aceptabilidad Para los Consumidores.

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	Sumatoria	Media
MC1	4	2	1,5	6	3,5	8,5	5	8	3	6	6,5	2,5	5,5	2,5	5	69,50	4,63
MC2	4	5,5	3,5	6	1	3	5	2,5	7	1	3	2,5	2	6	5	57,00	3,80
MC3	1	5,5	8	2,5	7,5	3	5	8	3	8,5	3	6	2	8,5	9	80,50	5,37
MHL4	4	5,5	3,5	2,5	7,5	1	8	2,5	7	3	6,5	2,5	5,5	8,5	7,5	75,00	5,00
MHL5	8	2	8	8,5	3,5	6	2	8	3	6	6,5	2,5	8,5	2,5	7,5	82,50	5,50
MHL6	4	8,5	1,5	2,5	3,5	6	8	1	3	6	3	6	5,5	2,5	5	66,00	4,40
MM7	8	2	5,5	6	3,5	8,5	2	5	3	3	1	8,5	2	6	2	66,00	4,40
MM8	8	8,5	8	8,5	7,5	3	8	5	7	8,5	9	6	8,5	2,5	2	100,00	6,67
MM9	4	5,5	5,5	2,5	7,5	6	2	5	9	3	6,5	8,5	5,5	6	2	78,50	5,23

Tabla 47: Resultados del cálculo en la variable de aceptabilidad

Variables	X ² Cal	X ² Tab	
cuantitativas		5%	1%
Color	11,11ns	15,51	20,09

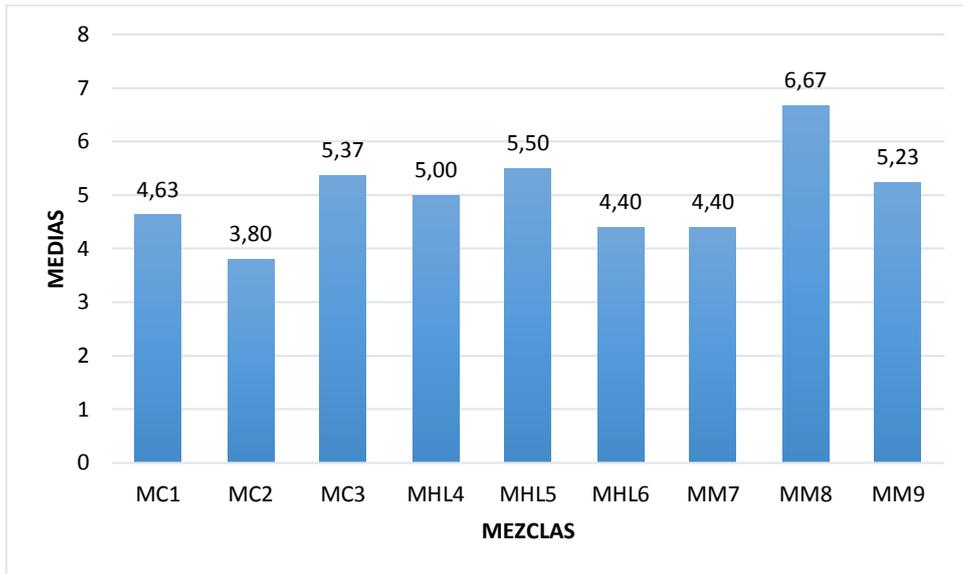


Gráfico 39: Valoración de aceptabilidad

No existe significancia para esta variable, las mejores mezclas por tener las medias más altas son MM8 (80% planta seca de ataco y 20% menta) y MHL5 (80% planta seca de ataco y 20% hierba luisa), se puede decir que estas mezclas son las más aceptables para los degustadores.

Estos resultados muestran que los catadores se inclinaron por la mezcla con un 80% ataco la cual presento una mayor aceptación, esto se debe a que la menta brinda un sabor más neutro al paladar.

4.3 BALANCE DE MATERIALES PARA EL MEJOR TRATAMIENTO T7 (A2B2C1)

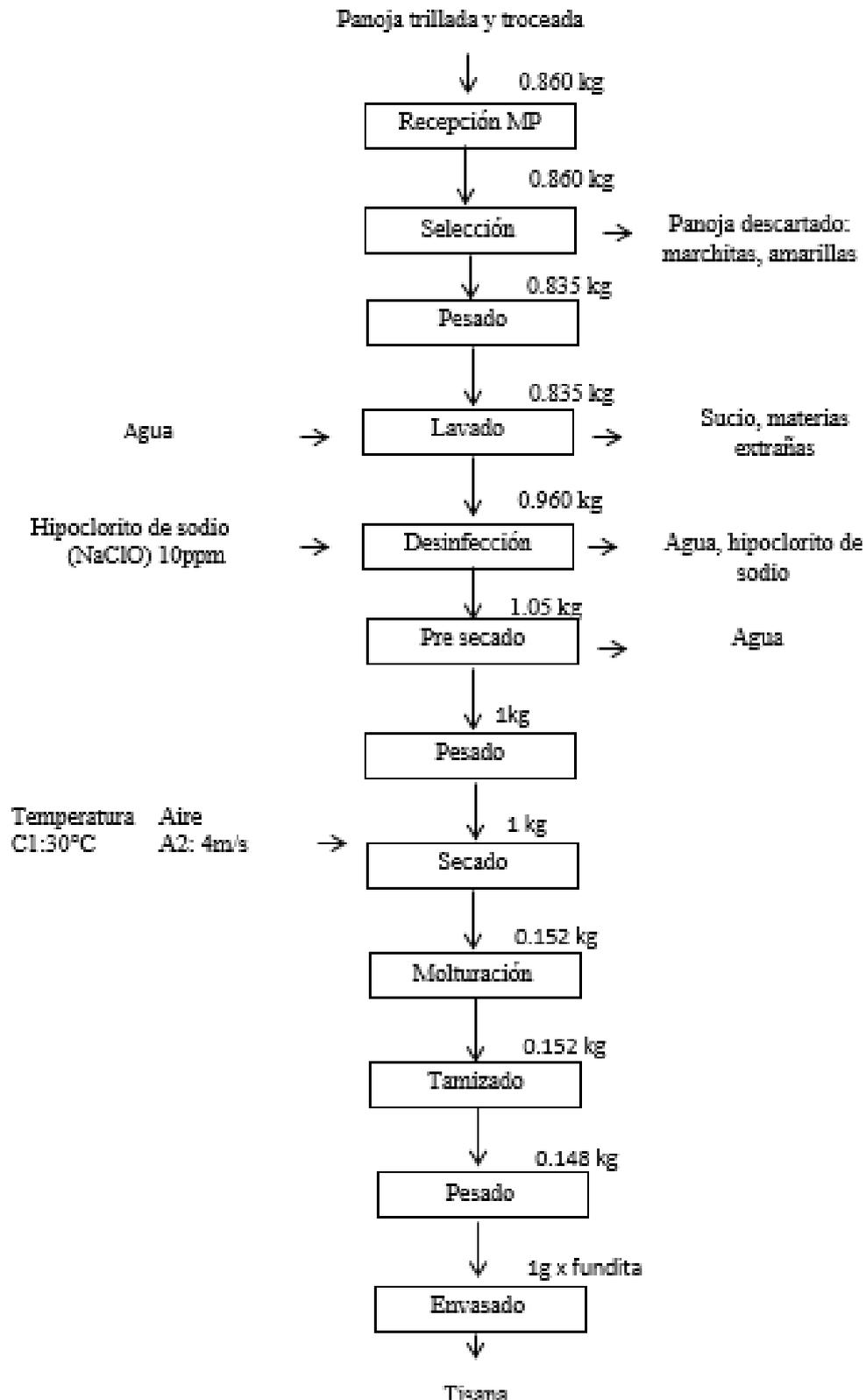


Figura 17: Diagrama de bloques del mejor tratamiento

4.4 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL MEJOR TRATAMIENTO

Tabla 48: Análisis microbiológico

Parámetros Análisis	Unidad	Resultados	Método de ensayo
Recuento estándar en placa	UFC/g	180	
Recuento de coliformes	UFC/g	0	AOAC 989.10
Recuento de E. coli	UFC/g	0	
Recuento de mohos	UFC/g	780	AOAC 997.02
Recuento de Levaduras	UFC/g	400	
Enterobacteraceas	UFC/g	< 10	SEMM-MB ENTEROBACTERIAS
Salmonella spp	Pres/ausen	Ausencia	AOAC 967.26
Shigella spp	Pres/ausen	Ausencia	AOAC 967.26

4.5 RENDIMIENTO DEL MEJOR TRATAMIENTO

El rendimiento del procesamiento de deshidratación de la panoja de ataco para la obtención de tisanas fue de la siguiente manera:

$$R = (\text{masa final} / \text{masa inicial}) \times 100\%$$

$$R = (148\text{g} / 860\text{g}) \times 100\%$$

$$R = 17,209\%$$

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1. CONCLUSIONES

Sobre la base de los resultados y considerando las variables en estudio se establecen las siguientes conclusiones:

1. Las características físico químicas del producto final con 8,25% de humedad en base húmeda, presentó una actividad de agua de 0.50, un contenido de cenizas 10,96% y un contenido de polifenoles totales de 14,59 mg/g, parámetros que garantizan un tiempo de conservación del producto mínimo de 18 meses, según la NTE 2292.
2. Los factores del proceso de secado que tuvieron mayor efecto sobre el contenido de polifenoles totales en orden de importancia fueron la densidad de carga, la velocidad del aire, y la temperatura de secado, donde el tratamiento con una mayor velocidad de aire (4 m/s) menor temperatura (30°C) y una mayor densidad de carga de 1 Kg/m², presentó una menor pérdida de contenido de polifenoles totales del 14,93%.
3. En el periodo de velocidad decreciente del proceso de secado, el movimiento molecular del agua desde el interior hacia la interfase de secado es gobernado por el mecanismo de difusión, debido a la alta fuerza de adhesión de las moléculas de agua a las paredes fibrosas del alimento.

4. Debido al pronunciado sabor astringente de la tisana para el análisis de aceptabilidad sensorial, se mezcló el ataco con hierbas aromáticas, donde la mezcla con 80% de ataco fue la de mayor aceptabilidad por los consumidores.
5. Se acepta la hipótesis planteada debido a que la influencia de la temperatura sobre el contenido de polifenoles totales es alta, por lo tanto, al ser los polifenoles termolábiles a temperaturas mayores a 40°C. Además, a velocidades de aire superiores a 2 m/s permite un secado más homogéneo. Mientras, con una densidad de la carga menor de 1 Kg/m² el tiempo de secado se incrementa.

5.2. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones anteriores en base a variables estudiadas sobre la obtención de tisanas a base de panoja de ataco se recomienda.

1. Promover la siembra de ataco (*Amaranthus hybridus* L.), cultivo andino que está perdiendo fuerza por el desconocimiento de sus propiedades nutricionales y funcionales tales como la actividad antioxidante.
2. Se recomienda consumir tisanas de ataco al 100% para aprovechar la concentración de polifenoles presentes en la tisana.
3. Se recomienda evaluar el proceso en un secador al ambiente con cobertizos en condiciones controladas de temperatura y luz.
4. Realizar el estudio de identificación de qué tipo de polifenoles se encuentran en la tisana de ataco.
5. Estandarizar el color de la tisana de ataco preparada en infusión y cuantificar el color final.

Capítulo VI Bibliografía

- 1) Aguado, J. (2002). Ingeniería de la industria alimentaria. En *Operaciones de conservación de alimentos*. Síntesis.
- 2) Amores Vizuete, D. (2011). *Evaluación nutritiva y neutracética de la mora de catilla (Rubus Glaucus) deshidratada por el método de liofilización y comparación con la obtenida por deshidratación en microondas y secador de bandejas*. ESPOCH, Riobamba.
- 3) Andalzua, M. A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. España: Acriba S.A Zaragoza (España).
- 4) Asociación Europea para las Especies. (11-14 de Febrero de 2014). *Comisión del codex alimentarius*. Recuperado el 15 de Julio de 2015, de Programa conjunto del la FAO/OMS sobre normas alimentarias comité obre especias y hierbas culinarias: ftp://ftp.fao.org/codex/meetings/ccsch/ccsch1/sc01_03s.pdf
- 5) Aspurz Tabar, J. (2011). *Obtención de curvas de secado de tomillo (Thymus vulgaris)*. Minas Gerais-Brasil.
- 6) B.M. Watts, W. (1992). Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. En W. B.M. Watts, *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos* (págs. 39-41). Ontario: International Development Research Centre.

- 7) Badui, S. (2012). *Química de los alimentos* (Vol. 5). (G. L. Ballesteros, Ed.) México: Pearson .
- 8) Balcazar, D. M. (2009). *Diseño de un triturador de cacao*. Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero mecánico, Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- 9) Beltran , E., Jácome, B., & Matute, E. (2014). *Eleboración de té verde aromático con rosas orgánicas "Viality" de Nevado Ecuador*. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- 10) Berradre, M., González, C., Sulbarán , B., & Fernánd, V. (2013). Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de extractos de semilla de uva (*Vitis vinifera*) variedad Malvasia y Tempranillo. *Fac. Agron. (LUZ) Universidad del Zulia*, 619-631. Recuperado el 12 de 01 de 2016, de <http://www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/agronomia/article/viewFile/12608/12595>
- 11) Bueno, M. R. (2008). *Historia de las hierbas mágicas y medicinales* (Nowtilus S. L. ed.). (S. Rodrigues, Ed.) Madrid.
- 12) Cabrera Vazques, Á. (2013). *Proceso de secado*. Pregrado, Udlap. Recuperado el 13 de 06 de 2016, de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/cabrera_v_a/capitulo5.pdf
- 13) Calle Benites, R. E., & Aparicio Baidal, J. J. (2011). *Diseño de una planta de deshidratación de hierbas aromáticas*. Pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.
- 14) Casp Vanaclocha, A., & Abril Renquena, J. (2008). *Proceso de Conservación de Alimentos*. España: Mundi- Prensa.

- 15) Castells, X. E. (2012). *Sistema de Tratamiento Térmico*. Ediciones Díaz de Santos.
- 16) *Codex Alimentarius*. (2007). Recuperado el 11 de 02 de 2015, de Codex Alimentarius: ftp://ftp.fao.org/codex/publications/procManuals/Manual_17s.pdf
- 17) Codex, A. (2014). *Normas internacionales de los alimentos*. Recuperado el 14 de 07 de 2016, de Código de prácticas de higiene para especie y hierbas aromáticas desecadas: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/CXP_042s_2014%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/CXP_042s_2014%20(1).pdf)
- 18) Colina, Irezabal, M. L. (2010). *Deshidratación de alimentos*. México: Trillas.
- 19) Contreras, M. . (2006). *Influencia del método de secado en parámetros de calidad relacionados con la estructura y el color de manzana y fresa deshidratada*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Tecnología de Alimentos, Valencia.
- 20) Correa Benito, C. S. (26 de 09 de 2011). *Monografías.com*. Recuperado el 08 de 10 de 2015, de Propiedades físicas de los materiales: <http://www.monografias.com/trabajos88/propiedades-fisicas-materiales/propiedades-fisicas-materiales.shtml>
- 21) Cuaspud, J. A. (2008). *Elaboración de manjar blanco saborizado,utilizandoleche concentrada por microfiltración tangencial reconstituida con grasa vegetal y animal*. Ibarra.
- 22) Dolores, Romero de Soto, M. (2012). *Estudio de farmacotecnia y desarrollo de formas de dosificación de vegetales deshidratados para su aplicación en pediatría y personas de la tercera edad*. Universidad de Granada, De farmacia y tecnología y tecnología farmacéutica . Granada: Editorial de la Universidad de Granada.

- 23) Drago Serrano, M. E., López López, M., & Sainz Espuñes, T. d. (2006). Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 37(4), 58-68.
- 24) Fajardo, P. (2010). *Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa de producción y comercialización de té a base de plantas medicinales y otros productos naturales en la Ciudad de Quito*. Proyecto de Pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- 25) Fellows, P. (2002). *Tecnología del proceso de los alimentos*. España: Acribia, S.A.
- 26) Fonseca Vigoyo, V. J. (2012). *Transferencia de masa*. Colombia.
- 27) Gearkoplis, C. J. (1998). *Proceso de transporte y operaciones unitarias* (Vol. Tercera edición). Mexico: Continental, S.A de C.V.Mexico.
- 28) Gil Quintero, J. A. (2012). *Estabilidad y actividad antioxidante de catequinas presente en cacao colombiano durante los procesos de pre e industrialización*. Medellín.
- 29) Hernandez, A. (2012). Microbiología industrial. En A. Hernandez, *Microbiología industrial* (págs. 23-24). Lima.
- 30) Hernandez, E. (2005). Evaluación sensorial. En E. Hernandez, *Evaluación sensorial* (págs. 5-23). Bogota: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- 31) Ibarz, A., & Barbosa Cánovas, G. V. (2014). *Introduction to Food Engineering*. Crepres.
- 32) Iñiguez, B. D. (2007). *Desarrollo y aplicación de la tecnología de secado en la elaboración de una tisana con base a hojas de jicama (smallanthus sonchifolius) y*

- glomérulos de ataco (amaranthus hybridus)*. Tesis Pregrado, Escuela Politécnica Nacional, Carrera de ingeniería Agroindustrial, Quito.
- 33) Keqing, X. (2004). *Optimización del secado por aire caliente de pera (Variedad BLANQUILLA)*. Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- 34) Marin, Gomez, M., Medina, Armijos, C., Salinas, Medina, H., Villacres, Poveda, E., Barriga, Maldonado, M., & Marín, Gómez, S. (2014). Evaluación del efecto inmunoestimulante de extracto de *amaranthus hybridus* L. y sus componentes en la activación de células linfoides. En *Centro de biología Vol 3* (pág. 77). Loja. Recuperado el 28 de 08 de 2014, de <http://www.misioneros-monfortanos.org/pasajeabol15.htm>
- 35) Maupoey, P. F., Andrés Grau, A. M., Barat Baviera, J. M., & Albors Sollora, A. M. (2001). *Introducción al Secado de Alimentos por Aire Caliente*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- 36) Mujica, P. X. (2012). *Hierbas que Curan*. (E. S.A, Ed.) Buenos Aires, Argentina.
- 37) Muñoz, F. (2002). *Plantas Medicinales y Aromáticas Estudio Cultivo y Procesado* (Vol. IV). (M. prensa, Ed.) Madrid, España: Aedos s.a.
- 38) Orrego Alzate, C. E. (2003). *Procesamiento de alimentos*. Manizales.
- 39) Orrero, C. E. (2003). *Procesamiento de alimentos*. Colombia.
- 40) Ortiz, M., & Mamert, S. (27-28 de noviembre de 2010). *Huerto medicinal*. Recuperado el 14 de 04 de 2015, de cultivo y uso de plantas medicinales y aromáticas: <http://www.tierramor.org/PDF-Docs/ManualHuertoMed2010.pdf>
- 41) Páez, R. (2013). *Desarrollo de cultivivos probióticos deshidratados por secado spray para aplicación de alimentos estudios microbiológicos y tecnológicos*.

- 42) Peralta, E., Villacres P, E., Mazón O, N., Rivera M, M., & Subía G, C. (Noviembre de 2008). Tecnología de elaboración de tisanas medicinales en base a los glomérulos de ataco. (M. N. Publicación , E. INIAP, & PRONALEG-GA, Edits.) *El ataco, sangorche o amaranto negro (Amaranthus hybridus L.) en Ecuador*(143), 11.
- 43) Pino, F. P. (2012). *Estudio del uso de aditivos en alimentos terminados encontrados en góndolas de supermercados en Ecuador y Argentina*. Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.
- 44) *quiminet*. (28 de 11 de 2009). Obtenido de <http://www.quiminet.com/articulos/determinacion-de-cenizas-en-alimentos-41328.htm>
- 45) Quiñones , M., M, M., & A, A. (2012). los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 77. doi:10.3305/nh.2012.27.1.5418
- 46) Sachin, J., Chung, L. L., & Arun, M. (2010). *Drying of Foods, Vegetables and Fruits*. Copyright.
- 47) Saldaña, R., & Torres, V. (2012). *Efecto analgésico de aceites esenciales de Hierba Luisa (Cymbopogon citratus), Ruda (Ruta graveolens), formulados como conos nasales*. Cuenca.
- 48) Sanchez Camez, V. (11 de julio de 2012). *Scribd*. Recuperado el 23 de octubre de 2015, de Determinación experimental de la cinetica de secado y tiempo de secado: <http://es.scribd.com/doc/99846129/determinacion-experimental-de-la-cinetica-de-secado-y-tiempo-de-secado#scribd>

- 49) Sancho, L. (2014). *About. com Cafe y té*. Recuperado el 02 de Junio de 2014, de About. com Cafe y té: <http://cafeyte.about.com/od/Tisanas-Y-T-E-De-Hierbas/a/Diferencias-Entre-Tisana-Infusi-On-Y-Decocci-On.htm>
- 50) Sanes, F. L. (2008). *Físico Química de Alimentos*. (U. N. Callao, Ed.) Callao.
- 51) Sharapin, N. (2000). *Fundamentos de la Tecnología de Productos Fitoterapéuticos* (Primera edición ed.). (R. Pinzón S, Ed.) Santa fé , Bogotá, Colombia.
- 52) Singh, P., & Heldman, D. (2014). *Introduction to food engineering*. El sirver.
- 53) Suárez, Q. R. (2009). *Estudio comparativo de la incidencia de la forma geométrica del alimento en la velocidad de secado aplicando al melón cantaloupe*. tesis pregrado, Escuela Superior Politécnica el Litoral, Ingeniería en Alimentos, Guayaquil.
- 54) Tonguino, B. M. (2011). *Determinación de las condiciones óptimas para la deshidratación de dos plantas aromáticas menta (Mentha Piperita L) y órgano (origanum Vulgare L)*. Tesis Pregrado, Universidad Técnica del Norte, Carrera de Ingeniería Agroindustrial, Ibarra.
- 55) Tovilla Morales, A. S., & Sandoval Torres, S. (5-8 de Mayo de 2015). *ResearchGate*. Recuperado el 23 de octubre de 2015, de Transporte de masa y calor en agroalimentos deformables durante el secado por convección forzada: <http://www.researchgate.net/publication/276268380>
- 56) Uurreal, D., Eim1*, V., C.Roselló1*, & S.Simal. (08 de 08 de 2012). Modelos cinéticos de degradación de carotenoides, polifenoles y actividad antioxidante durante el secado convectivo de zanahoria (Daucus carota V. Nantesa). *Alimentos*

Hoy, 21, 86. Recuperado el 15 de 07 de 2016, de <http://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/viewFile/141/135>

57) Valls, V. (03 de 08 de 2015). El papel antioxidante de los alimentos de origen vegetal, vitaminas y polifenoles. *Nutrición*, 5. Recuperado el 01 de 04 de 2016

58) Vargas Corrales, V. (2012). *Elaboración de té aromático a base de plantas cedrón (aloyiacitrodora) y toronjil (mellisaofficinalis) procesado con stevia (steviarebaudiana bertonii) endulzante natural, utilizando el método dedeshidratación*. Pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de ingeniería Agroindustrial, Latacunga.

CAPÍTULO VII ANEXOS

Anexo 1: Caracterización de las condiciones ambientales del aire de secado y del secador de bandejas

Temperatura ambiente:

Tabla 49: Condiciones del aire de secado

Día	Tratamiento	temperatura bulbo seco	temperatura de bulbo húmedo
1	1	27	20
2	2	26	18,5
3	3	24	16,5
4	4	21	17
5	5	22	18,5
6	6	25	18
7	7	26	19
8	8	22	18
Σ		193	145,5
X=		24,13	18,19

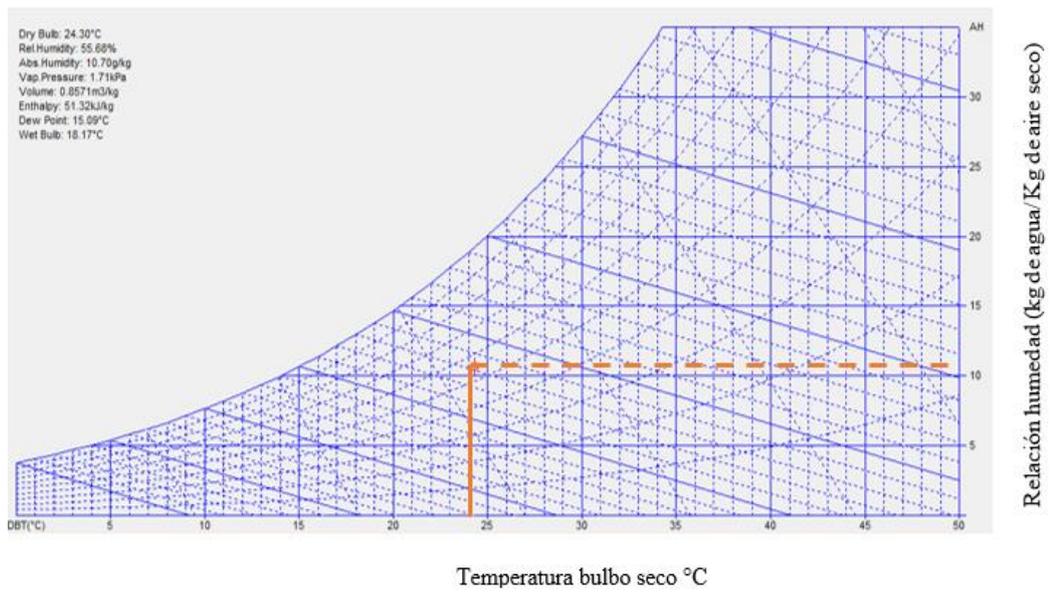


Gráfico 40: Carta psicrométrica del aire Ciudad de Ibarra

Tabla 50: Propiedades psicrométricas del aire

Bulbo seco	24,13°C
Humedad relativa	65 %
Humedad absoluta	17.91 g/Kgss
Presión de vapor	2.87 kPa
Volumen específico	0.8663 m ³ /kg
Entalpía	69.24 KJ/Kgss
Punto de rocío	17.6°C
Bulbo húmedo	18,85 °C

Contenido de agua eliminable: 9g H₂O/Kgss

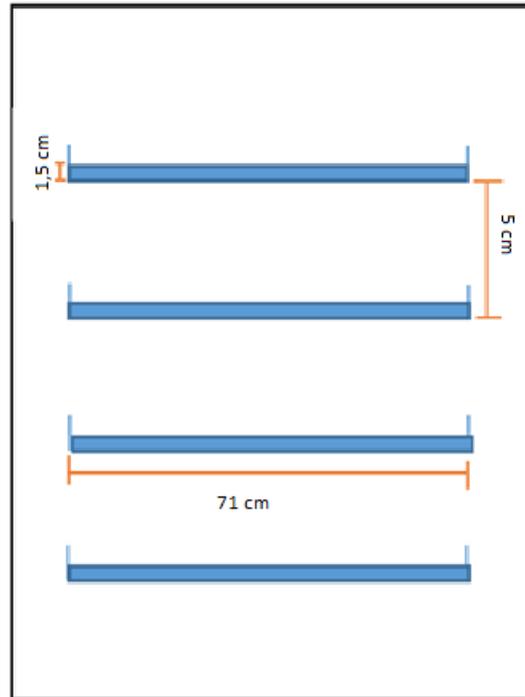


Gráfico 41: Características del secador de bandejas

Para la caracterización del aire en el secador se determinó las propiedades psicrométricas del aire para las temperaturas de entrada y salida con la ayuda de la carta psicrométrica.

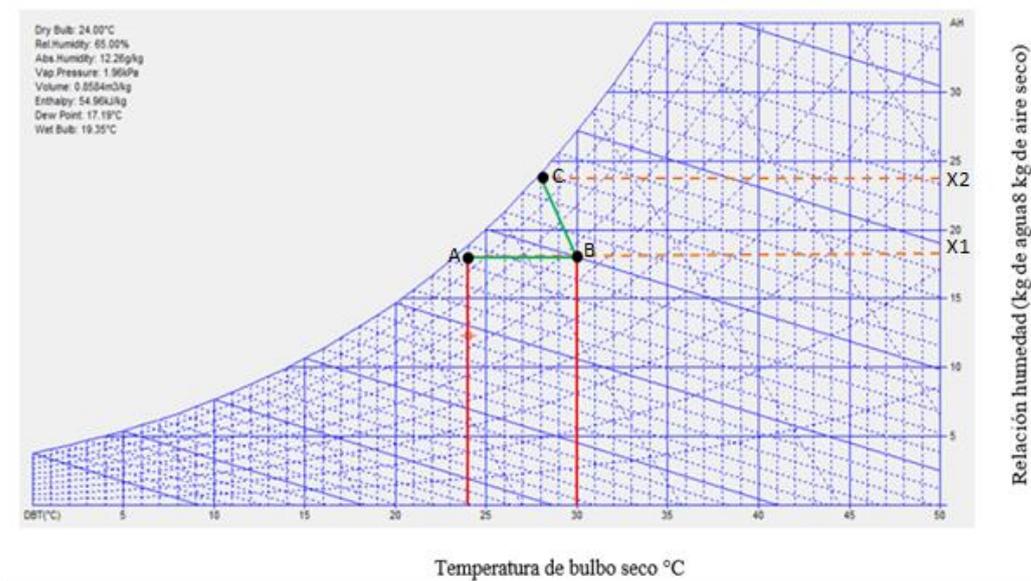


Gráfico 42: Propiedades del aire de secado a 30°C

Tabla 51: Propiedades psicométricas del aire

Entrada		Salida	
Bulbo seco	30°C	Bulbo seco	28°C
Humedad relativa	44.85%	Humedad relativa	52.96 %
Humedad absoluta	17.91 g/Kgss	Humedad absoluta	18.72 g/Kgss
Presión de vapor	2.87 kPa	Presión de vapor	2.99 kPa
Volumen específico	0.8834 m ³ /kg	Volumen específico	0.8788 m ³ /kg
Entalpía	75.23 KJ/Kg	Entalpía	72.26KJ/Kg
Punto de rocío	17.25°C	Punto de rocío	17.93°C
Bulbo húmedo	20.30°C	Bulbo húmedo	2030°C

$$H2O = X2 - X1$$

$$H2O = 18.72 \frac{g}{Kg} - 17.91 \frac{g}{Kg}$$

$$H2O = 0.81 g/Kg ss$$

Nota: El aire a 30°C contiene 17.91g/kgss humedad absoluta y a la salida del secador una temperatura de 28°C y una humedad absoluta de 18.72 g/kgss por lo tanto la cantidad de agua evaporada es de 0.81 g/kgss para todos los tratamienos sometidos a 30°C.

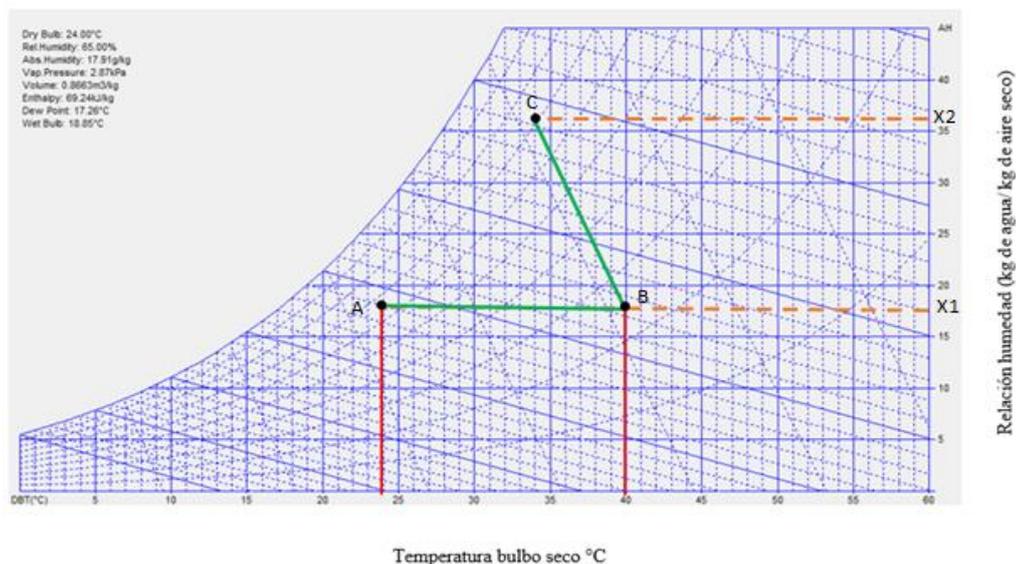


Gráfico 43: Propiedades del aire de secado a 40°C Temperatura ambiente

Para la caracterización del aire en el secador se determinó las propiedades psicrométricas del aire para las temperaturas de entrada y salida con la ayuda de la carta psicrométrica.

Tabla 52: Propiedades psicrométricas del aire

Entrada		Salida	
Bulbo seco	40°C	Bulbo seco	34°C
Humedad relativa	24.56%	Humedad relativa	39.67%
Humedad absoluta	17.91 g/kg	Humedad absoluta	20.35 g/kg
Presión de vapor	2.87 kPa	Presión de vapor	3.26 kPa
Volumen específico	0.91 m ³ /Kg	Volumen específico	0.89 m ³ /Kg
Entalpía	85.23 KJ/Kg	Entalpía	85.38 KJ/Kg
Punto de rocío	17.25°C	Punto de rocío	19.22 °C
Bulbo húmedo	22.34°C	Bulbo húmedo	22.34 °C

$$H2O = X2 - X1$$

$$H2O = 20.35 \frac{g}{kg} - 17.91 \frac{g}{kg}$$

$$H2O = 2.44 g/Kg ss$$

Nota: El aire a 40°C contiene 17.91g/kgss humedad absoluta y a la salida del secador una temperatura de 28°C y una humedad absoluta de 20.35 g/kgss por lo tanto la cantidad de agua evaporada es de 2.44 g/kgss para todos los tratamientos sometidos a 40°C

Anexo 2: Calculo de humedad en base seca para panoja de ataco deshidratado

Mediante las siguientes ecuaciones se realizó el cálculo de la humedad en base seca reemplazando el valor de la muestra y porcentaje de humedad.

Se toma una muestra de 0.600Kg de materia prima (panoja de ataco) luego de la desinfección con una humedad del 82.2%.

$$PH_{2O} = P_i * (\%X)$$

$$PH_{2O} = 0.600Kg * 0.822$$

$$PH_{2O} = 0.493 KgH_{2O}$$

$$S = P_i - PH_{2O}$$

$$S = 0.600Kg - 0.493 KgH_{2O}$$

$$S = 0.107 Kg_{ss}$$

$$XBS = (P_i - S)/S$$

$$XBS = (0.600Kg - 0.107Kg_{ss})/ 0.107Kg_{ss}$$

$$XBS = 4.607$$

Anexo 3: Cantidad de calor transferido del aire al producto

$$q = h * A(T - T_w)$$

$$G = v * d$$

$$h = 0.0204(G)^{0.8}$$

$G = v * d$ $G = 4 \frac{m}{s} * 0.8044 \frac{kg}{m^3}$ $G = 3.22 \frac{kg}{m^2s}$	$h = 0.0204(G)^{0.8}$ $h = 0.0204(3.22)^{0.8}$ $h = 0.052 \frac{W}{m^2 \circ K}$
$q = h * A(T - T_w)$ $q = 0.052 \frac{W}{m^2 \circ K} * 0.3621m^2 (28 - 17.93) \circ C$ $q = 0.052 \frac{W}{m^2 \circ K} * 0.3621m^2 (283,22) \circ K$ $q = 5,333 W$ $q = 0.005 Kw$	

Anexo 4: Costos de producción a nivel de laboratorio

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNIT (USD)	V. TOTAL (USD)
COSTOS VARIABLES				
Cosecha	Kg	1	0.5	0.50
Pos cosecha				
Transporte	Kg	1	0.02	0.020
Recepción	Horas	0.033	0.95	0.031
Selección	Horas	0.083	0.95	0.079
Pesado	Horas	0.05	0.95	0.048
Lavado	Horas	0.25	0.95	0.237
Desinfección	Horas	0.12	0.95	0.114
Pre secado	Horas	1	0.95	0.950
Pesado	Horas	0.083	0.95	0.079
Secado	Horas	18	-	5.05
Moltración	Horas	0.25	0.95	0.237
Pesado	Horas	0.083	0.95	0.079
Envasado	Horas	0.33	0.95	0.313
TOTAL COSTOS VARIABLES				7.889
INSUMOS Y MATERIALES				
Papel filtro termosellable	Kg	6	20	120.00
Hilo	M	100	0.04	4.00
Molino manual de piedra	Unidad			
Bolsas de alta densidad	Unidad	25	0.15	3.75
Etiqueta de papel o de cartón para cada hilo.	Unidad	50	0.01	0.50
Panoja de ataco	Kg	1	5	5.00
TOTAL COSTOS INSUMOS Y MATERIALES				133.25
GASTOS FINANCIEROS				
Selladora de impulso.	Unidad	1		0.01
Secador	Unidad	1		5.05
TOTAL, COSTOS GASTOS FINANCIEROS				5.06
COSTO TOTAL				146.20

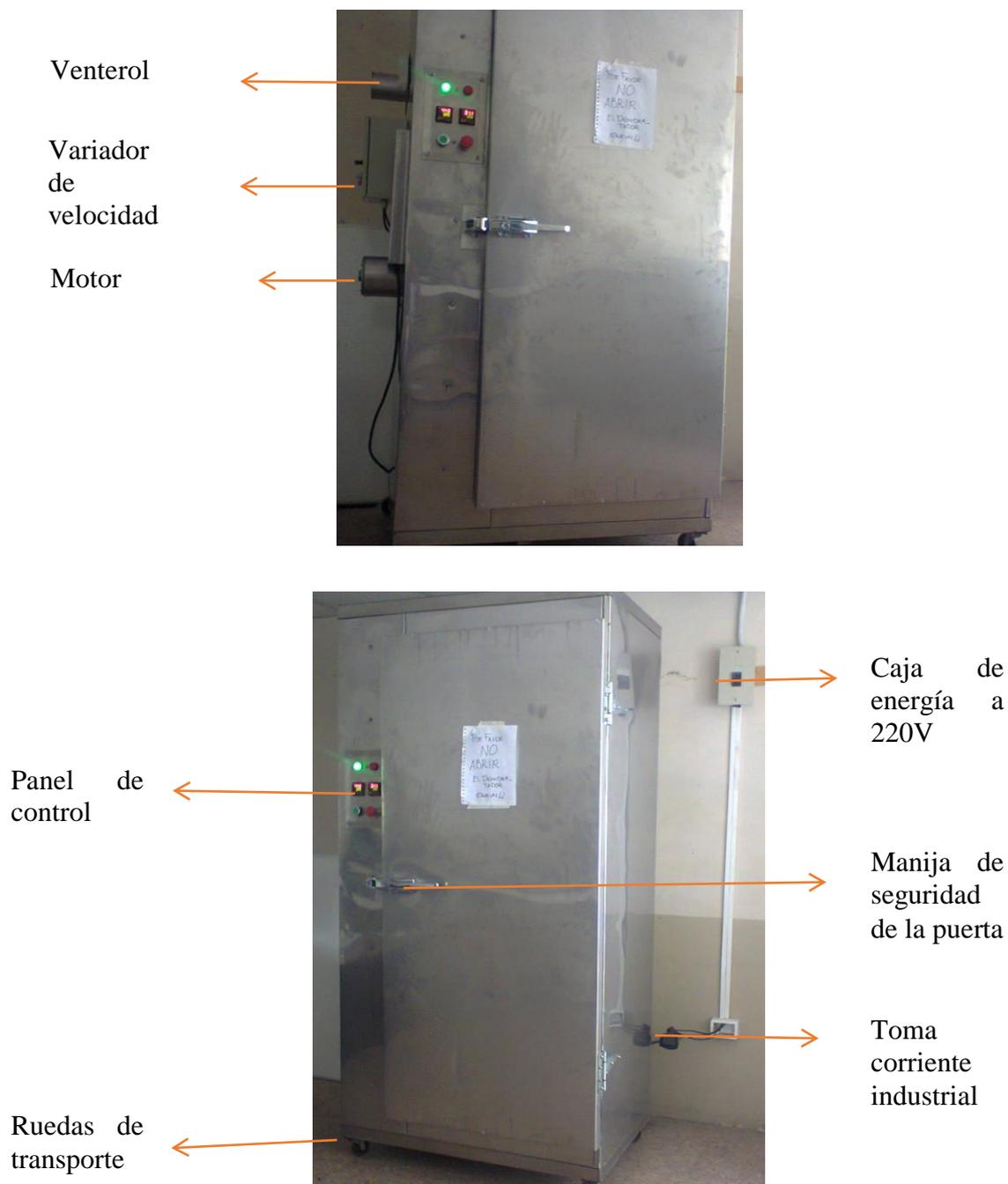
MAQUINARIA	ENERGÍA CANTIDAD (KW)	TIEMPO DE USO (h)	CANTIDAD ENERGÍA TOTAL	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Selladora de impulso	0.3	0.33	0.099	0,0935	0.01
Secador	3	18	54.000	0.093	5.05
TOTAL			54.099	0,0935	5.06

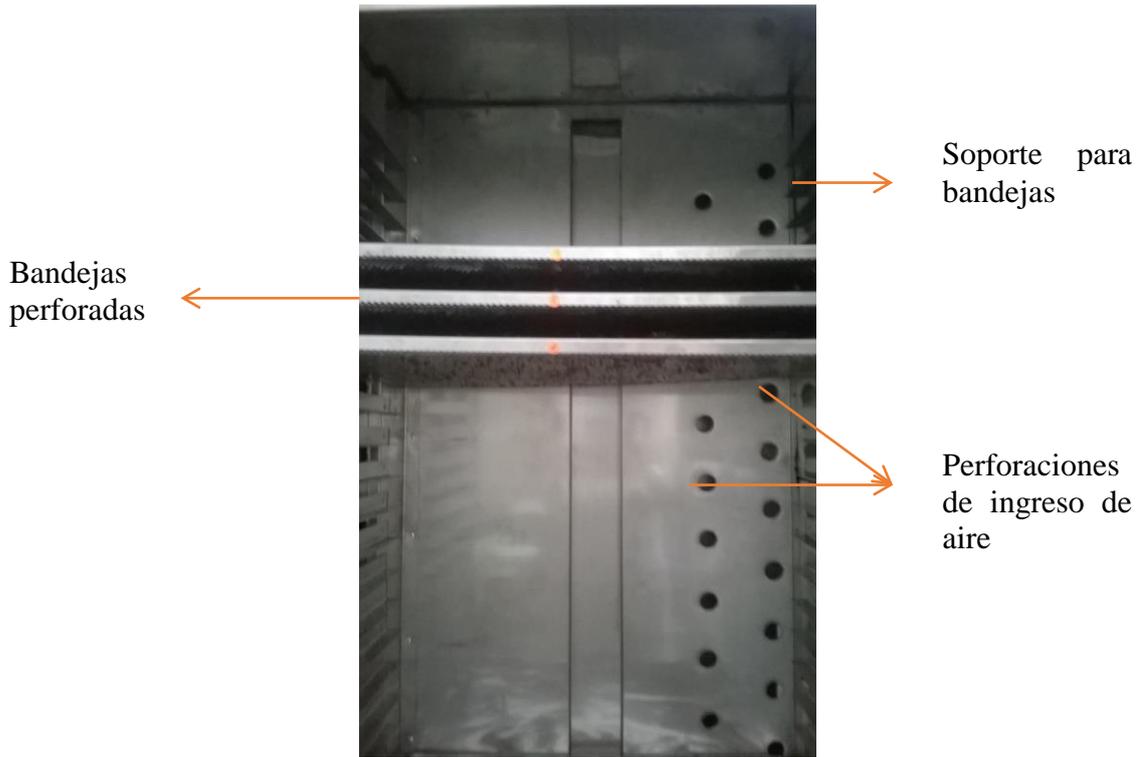
Anexo 5: Costos de producción para una cajita de 10 tisanas

DETALLE	VALOR	UNIDAD
Panoja de ataco	0.20	Ctv
Hipoclorito de sodio	0.10	Ctv
Papel filtro termosellable	0.10	Ctv
Hilo	0.01	Ctv
Etiqueta	0.01	Ctv
Mano de obra	0.80	Ctv
Caja	0.05	Ctv
Agua	0.02	Ctv
Luz eléctrica	0.11	Ctv
Total	1.40	Ctv

Anexo 6: Descripción del equipo de deshidratación

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE DESHIDRATACIÓN

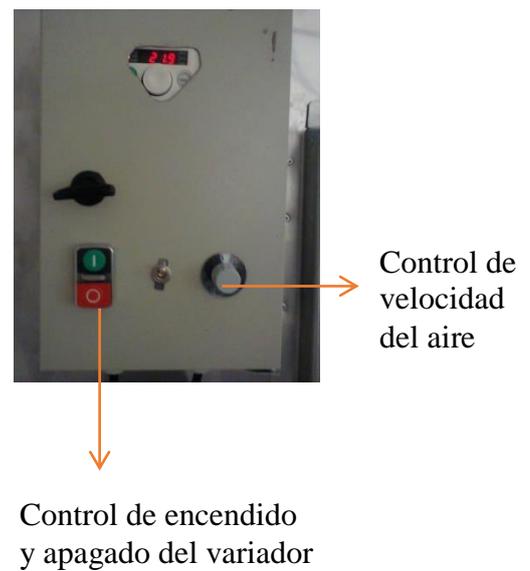




Panel de control



Variador de velocidades



Anexo 7: Características técnicas y estructura del deshidratador

Características técnicas y estructura del deshidratador	
Ancho	118 cm
Fondo	71 cm
Altura	210 cm
Tipo de energía	Eléctrica
Medio de proceso	Aire caliente controlado
Sistema de control	Micro computer: controla la temperatura y el tiempo con sistema de seguridad
Temperatura máxima	80°C
Intercambio de aire	30% con regulación
Consumo eléctrico	3000 W
Voltaje	220 VAC con conexión a tierra

Anexo 8: Método de análisis de Polifenoles

Determinación de Polifenoles: Método de la A.O.A.C. (1965), adaptado en el Departamento de Nutrición y Calidad INIAP

a) Reactivos

- Acido gálico monohidratado
- Reactivo folin & Ciocalteu's
- Carbonato de sodio 99.5% de pureza
- Metanol 99.5%, densidad 0.79

b) Preparación de Soluciones

- Solución de carbonato de sodio al 20%, pesar 20g de carbonato de sodio, disolver en un poco de agua destilada caliente y aforar en un balón de 100ml.
- Metano acuoso a 70%: con el densímetro bajar la densidad del metanol de 0.791 a 0.872 g/ml, con agua destilada.

- Preparación estándar de ácido gálico de 200 ppm: pesar 0.23g de ácido gálico en un balón de 100 ml, llevar al aforo con agua destilada.

A partir de esta solución se hace diluciones para obtener la curva:

5 ppm	250 μ l de la solución de 200 ppm y afora a 10 ml
10ppm	500 μ l de la solución de 200 ppm y afora a 10 ml
40ppm	2 ml de la solución de 200 ppm y afora a 10 ml
80ppm	4 ml de la solución de 200 ppm y afora a 10 ml
100ppm	de la solución de 200 ppm y afora a 10 ml
140ppm	7 ml de la solución de 200 ppm y afora a 10 ml

c) Materiales y equipos

- Balanza analítica Shimadzu
- Placa de agitación múltiple
- Papel filtro Whatman cualitativo
- Balones aforados de 10, 25,50,100 y 250 ml.
- Pipetas volumétricas de 5 a 10 ml.
- Embudos de vidrio
- Erlenmeyer de 150 ml con tapa rosca
- Espectrofotómetro Shimadzu UVVIS 2201
- Vasos de precipitación de 10, 150 y 250

d) Procedimiento

- Pesar 1-3 g de muestra.
- Adicionar 75 ml de metanol a 70%
- Extraer inmediatamente durante 75 minutos a temperatura ambiente, bajo agitación magnética.

- Filtrar la solución sobre papel filtro y completarla con metanol a 70% a 100 ml (extracto bruto).
- Tomar 1 ml y colocar en un tubo de ensayo, añadir 6 ml de agua destilada, 1 ml de reactivo de folinδCiocalteu's.
- Después de 3 minutos, adicionar 2 ml de una solución acuosa de carbonato de sodio al 20%
- Colocar la solución a 40°C por dos minutos
- Medir la solución azul en el Espectrofotómetro a 760 nm.
- Los valores medidos se comparan con los resultados que se obtengan a partir de una gama de muestras estándares de ácido gálico de concentración variante de 0 a 200 µg/ml

e) Cálculos y expresión de resultados

Debe de tener en consideración para los cálculos las diluciones realizadas y el peso de la muestra. Los polifenoles vienen expresados como Ac. Gálico y los resultados se expresan como sigue:

$$\frac{mg \text{ polifenoles}}{g \text{ muestra}} = \frac{\left(LR \left(\frac{\mu}{ml} \right) * V(ml) * FD * 10^{-3} \left(\frac{mg}{\mu g} \right) \right)}{Pm(g)}$$

Anexo 9: Norma técnica ecuatoriana 2392



NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2392:2013
Primera revisión

HIERBAS AROMÁTICAS. REQUISITOS

Primera edición

AROMATIC HERBS. REQUIREMENTS.

First edition

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, té, hierbas aromáticas, requisitos.
AL 02.06-410
CDU: 663.85
CIU: 3121
ICB: 67.140.10

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	HIERBAS AROMÁTICAS REQUISITOS	NTE INEN 2392:2013 Primera revisión 2013-03
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las hierbas aromáticas, procedentes de las diversas especies que se destinan a la preparación de infusiones para el consumo humano.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica a las hierbas aromáticas destinadas a preparar infusiones o bebidas de agrado.</p> <p>2.2 No se aplica a las hierbas aromáticas para las que se declaran aplicaciones terapéuticas.</p> <p>2.3 No se aplica a las hierbas aromáticas que están enlistadas como sustancias estupefacientes y psicotrópicas en la Ley de Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas del Consejo Nacional de Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas – CONSEP.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma, se adopta la siguiente definición:</p> <p>3.2 Hierbas aromáticas. La denominación de hierbas aromáticas comprende ciertas plantas o partes de ellas (raíces, rizomas, bulbos, hojas, cortezas, flores, frutos y semillas) que contienen sustancias aromáticas (aceites esenciales), y que por sus aromas y sabores característicos, se destinan a la preparación de infusiones.</p> <p style="text-align: center;">4. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>4.1 Los productos contemplados por las disposiciones de la presente norma se deben preparar y manipular de conformidad con lo establecido en el Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura para alimentos procesados del Ministerio de Salud Pública.</p> <p>4.2 Las hierbas aromáticas deben corresponder taxonómicamente a la especie declarada.</p> <p>4.3 No debe contener más de 15 % de otras partes del vegetal exentas de propiedades aromatizantes y saborizantes.</p> <p>4.4 Las hierbas aromáticas deben contener los aceites esenciales que caracterizan a cada una.</p> <p>4.5 Las hierbas aromáticas deben contener la totalidad de sus principios activos y otros metabolitos secundarios de importancia para su caracterización química.</p> <p>4.6 Las hierbas aromáticas pueden expendirse enteras o molidas, solas o mezcladas entre sí, adicionadas con frutas, azúcar, miel o edulcorantes en una cantidad que no supere el 20 %.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, té, hierbas aromáticas, requisitos.</p>		

5. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

5.1 Las hierbas aromáticas, destinadas para preparar infusiones, en la etiqueta de su envase, no deben declarar propiedades terapéuticas para prevenir o curar enfermedades.

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos específicos

6.1.1 Las hierbas aromáticas deben cumplir los requisitos establecidos en la tabla 1.

TABLA 1. Requisitos físicos-químicos

Requisitos	máx.	Método de ensayo
Humedad, %	12	NTE INEN 1114
Cenizas insolubles en HCl al 10 %, % m/m	2	NTE INEN 1118

6.1.2 Los productos deben estar exentos de microorganismos patógenos y sustancias tóxicas producidas por estos, que puedan ocasionar un peligro para la salud.

6.1.3 Los requisitos microbiológicos que deben cumplir las hierbas aromáticas son los que se especifican en la tabla 2.

TABLA 2. Requisitos microbiológicos

REQUISITO	n	c	m	M	Método de ensayo
Escherichia coli ufc/g	5	1	< 10	1 x 10	AOAC 991.14
Enterobacteriaceas ufc/g	5	2	1 x 10 ²	1 x 10 ³	AOAC 2003.01
Mohos y levaduras ufc/g	5	2	1 x 10 ³	1 x 10 ⁴	AOAC 997.02
Salmonella, en 25 g	10	0	ausencia	-	NTE INEN 1529-15
Shigella, en 25g	10	0	ausencia	-	NTE INEN 1529-16

donde:

n: Número de muestras a examinar.

m: Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.

M: Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad.

c: Número de muestras permisibles con resultados entre m y M.

6.1.4 Aditivos

6.1.4.1 Se permite la adición de saborizantes naturales, idénticos a los naturales y artificiales especificados en la NTE INEN 2074.

6.1.4.2 No se permite la adición de colorantes.

6.1.5 Contaminantes

6.1.5.1 El límite máximo de residuos de plaguicidas no debe superar lo establecido en el documento Codex CAC/MRL 1.

6.1.5.2 El límite máximo de contaminantes no debe superar lo establecido en la tabla 3.

TABLA 3. Contenido máximo de contaminantes

Contaminante	mg/kg	Método de ensayo
Arsénico, As	1,0	AOAC 983.21
Plomo, Pb	0,5	AOAC 999.10

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1109	<i>Café soluble. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1114	<i>Café soluble. Determinación de pérdida por calentamiento.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1118	<i>Café tostado molido. Determinación de las cenizas insolubles en ácido.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-15	<i>Control microbiológico de los alimentos. Salmonella. Método de detección.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-16	<i>Control microbiológico de los alimentos. Shigella. Método de detección.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-18	<i>Control microbiológico de los alimentos. Clostridium perfringens. Recuento en tubo por siembra en masa.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2074	<i>Aditivos alimentarios permitidos para consumo humano. Listas positivas. Requisitos. Segunda revisión.</i>
AOAC Official Method 999.10	<i>Lead, Cadmium, Zinc, Copper and Iron and Foods. Atomic Absorption Spectrophotometry after microwave digestion.</i>
AOAC Official Method 983.21	<i>Arsenic in food Kjeldahl flask digestion.</i>
AOAC Official Method 991.14	<i>Coliforms and Escherichia coli Counts in foods. Dry Rehydratable Film Methods.</i>
AOAC Official Method 2003.01	<i>Enumeration of Enterobacteriaceae in Selected foods.</i>
AOAC Official Method 997.02	<i>Yeast and mold Counts in foods. Dry Rehydratable Film Method.</i>
Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 022	<i>Rotulado de productos alimenticios procesados, envasados y empacados.</i>
Decreto Ejecutivo No. 3253, <i>Reglamento de Buenas prácticas de Manufactura para alimentos procesados</i> , publicado en Registro Oficial No. 696 del 4 de noviembre de 2002.	
<i>Ley No. 2007-76 Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad</i> , publicado en Registro Oficial No. 26 del 22 de febrero de 2007.	
CODEX ALIMENTARIO CAC/MRL 1-2001 Lista de Límites Máximos para Residuos de Plaguicidas.	
Ley de Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas, Codificación, publicada en Registro Oficial Suplemento No. 490 del 27 de Diciembre de 2004.	

Z.2 BASES DE ESTUDIO

- Reglamento Chileno de los Alimentos, *Título XXIV De los Estimulantes o Frutivos. Párrafo IV De las Hierbas aromáticas*. Santiago de Chile, 2010.
- CAC/RCP 42-1995 Código de prácticas de higiene para especias y plantas aromáticas desecadas
- Quality control methods for medicinal plant materials. Organización Mundial para la Salud, OMS. Revised Draft update. September 2005.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2392 Primera revisión	TÍTULO: HIERBAS AROMÁTICAS. REQUISITOS.	Código: AL 02.06-410
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISION: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 2006-11-15 Oficialización con el Carácter de VOLUNTARIA Por Acuerdo Ministerial No. 06692 de 2006-12-28 publicado en el Registro Oficial No. 12 de 2007-01-31	
Fechas de consulta pública: de 2012-05-08 a 2012-05-23		Fecha de iniciación del estudio: 2012-02

Subcomité Técnico: HIERBAS AROMÁTICAS

Fecha de iniciación: 2012-05-29
Integrantes del Subcomité Técnico:

Fecha de aprobación: 2012-05-29

NOMBRES:

Dra. Magaly Chasi, (Presidenta)
Ing. Jaime Flores
Ing. Juan Guarderas
Dr. Leonardo Reyna
Dr. Rafael Pérez
Ing. Carlos Brusil
Eco. Iván Guerrón
Ing. Rafael Pérez
Ing. Ernesto Pussin
Ing. Carolina Vizcarra

Ing. Diego Pazmiño

Ing. María E. Dávalos, (Secretaria Técnica)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
CIA. ECUATORIANA DEL TÉ
CIA. ECUATORIANA DEL TÉ
PUSUQUÍ GRANDE Y ANEXOS
HIERBA PUSUQUÍ S.A.
AROMA MELIS CIA. LTDA.
AROMA MELIS CIA. LTDA.
PUSUQUÍ GRANDE Y ANEXOS
HIERBA PUSUQUÍ
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
EQUINOCCIAL - UTE
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
EQUINOCCIAL - UTE
INEN - REGIONAL CHIMBORAZO

Otros trámites: Esta NTE INEN 2392:2013 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 2392:2007

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria Por Acuerdo Ministerial No. 12363 de 2012-12-28
Registro Oficial No. suplemento 904 de 2013-03-04

Anexo 10: Reglamento técnico ecuatoriano 068



REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 068:2012

**CAFÉ, TÉ, HIERBAS AROMÁTICAS Y BEBIDAS
ENERGÉTICAS**

Primera Edición

COFFE, TEA, AROMATIC HERBS AND ENERGY DRINKS. REQUIREMENTS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, café, té, incluidas hierbas aromáticas, bebidas.
AL: 02.06-901
CDU: 663.93 :663.95
CIIU: 3121
ICB: 67.140.10:67.140.20:67.160



No. 12111

MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD

SUBSECRETARÍA DE LA CALIDAD

CONSIDERANDO:

Que de conformidad con lo dispuesto en el Artículo 52 de la Constitución de la República del Ecuador, las personas tienen derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características;

Que el Protocolo de Adhesión de la República del Ecuador al Acuerdo por el que se establece la Organización Mundial del Comercio – OMC, se publicó en el Suplemento del Registro Oficial No. 853 de 2 de enero de 1996;

Que el Acuerdo de Obstáculos Técnicos al Comercio - AOTC de la OMC en su Artículo 2 establece las disposiciones sobre la elaboración, adopción y aplicación de Reglamentos Técnicos por instituciones del gobierno central y su notificación a los demás Miembros;

Que se deben tomar en cuenta las Decisiones y Recomendaciones adoptadas por el Comité de Obstáculos Técnicos al Comercio de la OMC;

Que el Anexo III del Acuerdo OTC establece el Código de Buena Conducta para la elaboración, adopción y aplicación de normas;

Que la Decisión 378 de 1995 de la Comisión de la Comunidad Andina creó el "Sistema Andino de Normalización, Acreditación, Ensayos, Certificación, Reglamentos Técnicos y Metrología", modificado por la Decisión 419 de 31 de julio de 1997;

Que la Decisión 562 de junio de 2003 de la Comisión de la Comunidad Andina establece las "Directrices para la elaboración, adopción y aplicación de Reglamentos Técnicos en los Países Miembros de la Comunidad Andina y a nivel comunitario";

Que mediante Ley No. 2007-76 publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 26 del jueves, 22 de febrero de 2007, se establece el Sistema Ecuatoriano de la Calidad, que tiene como objetivo establecer el marco jurídico destinado a: "i) Regular los principios, políticas y entidades relacionados con las actividades vinculadas con la evaluación de la conformidad, que facilite el cumplimiento de los compromisos internacionales en esta materia; ii) Garantizar el cumplimiento de los derechos ciudadanos relacionados con la seguridad, la protección de la vida y la salud humana, animal y vegetal, la preservación del medio ambiente, la protección del consumidor contra prácticas engañosas y la corrección y sanción de estas prácticas; y, iii) Promover e incentivar la cultura de la calidad y el mejoramiento de la competitividad en la sociedad ecuatoriana";

Que el Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, siguiendo el trámite reglamentario establecido en el Artículo 15 literal b) de la Ley No. 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, ha formulado el Proyecto de Reglamento Técnico Ecuatoriano. "CAFÉ, TE, HIERBAS AROMÁTICAS Y BEBIDAS ENERGÉTICAS";

Que en conformidad con el Artículo 2, numeral 2.9.2 del Acuerdo de Obstáculos Técnicos al Comercio de la OMC, y el Artículo 11 de la Decisión 562 de la Comisión de la Comunidad Andina, CAN, este Reglamento Técnico Ecuatoriano fue notificado a la OMC en 2012-01-16 y a la CAN en el 2012-01-03 a través del Punto de Contacto y a la fecha se han cumplido los plazos preestablecidos para este efecto;

Que de conformidad con la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, el Ministerio de Industrias y Productividad es la institución rectora del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, en consecuencia, es competente para aprobar y oficializar con el carácter de OBLIGATORIO, el REGLAMENTO TÉCNICO



ECUATORIANO RTE INEN 068 "CAFÉ, TÉ, HIERBAS AROMÁTICAS Y BEBIDAS ENERGÉTICAS; mediante su promulgación en el Registro Oficial, a fin de que exista un justo equilibrio de intereses entre proveedores y consumidores;

Que mediante Acuerdo Ministerial No. 11 446 de 25 de noviembre de 2011, la Ministra de Industrias y Productividad delega a la Subsecretaría de la Calidad la facultad de aprobar y oficializar las propuestas de normas o reglamentos técnicos y procedimientos de evaluación de la conformidad propuestos por el INEN en el ámbito de su competencia de conformidad con lo previsto en la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad y en su reglamento general; y,

En ejercicio de las facultades que le concede la Ley.

RESUELVE:

ARTÍCULO 1.- Aprobar y oficializar con el carácter de OBLIGATORIO el siguiente:

**REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 068
"CAFÉ, TÉ, HIERBAS AROMÁTICAS Y BEBIDAS ENERGÉTICAS"**

1. OBJETO

1.1 Este Reglamento Técnico Ecuatoriano establece los requisitos que deben cumplir el *café tostado y molido*, *café soluble*, *té*, *hierbas aromáticas* y *bebidas energéticas* con la finalidad de prevenir los riesgos para salud y la vida de las personas y evitar prácticas que puedan inducir a error o engaño al consumidor.

2. CAMPO DE APLICACION

2.1 Este Reglamento Técnico Ecuatoriano aplica a los siguientes productos que se fabriquen a nivel nacional, importen o se comercialicen en el Ecuador.

2.1.1 *Café tostado y molido*

2.1.2 *Café soluble*

2.1.3 *Té*

2.1.4 *Hierbas aromáticas*

2.1.5 *Bebidas energéticas*

2.2 Estos productos se encuentran comprendidos en la siguiente clasificación arancelaria:

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
09.01	Café, incluso tostado o descafeinado; cáscara y cascarilla de café; sucedáneos del café que contengan café en cualquier proporción.
	- Café tostado:
0901.21	-- Sin descafeinar:
0901.21.20.00	--- Molido
0901.22.00.00	-- Descafeinado
0901.90.00.00	- Los demás



09.02	Té, incluso aromatizado.
0902.10.00 .00	- Té verde (sin fermentar) presentado en envases inmediatos con un contenido inferior o igual a 3 kg
0902.20.00 .00	- Té verde (sin fermentar) presentado de otra forma
0902.30.00 .00	- Té negro (fermentado) y té parcialmente fermentado, presentados en envases inmediatos con un contenido inferior o igual a 3 kg
0902.40.00 .00	- Té negro (fermentado) y té parcialmente fermentado, presentados de otra forma
0903.00.00 .00	Yerba mate.
0905.00.00 .00	Vainilla
09.06	Canela y flores de canelero.
	- Sin triturar ni pulverizar:
0906.11.00 .00	- - Canela (<i>Cinnamomum zeylanicum</i> Blume)
0906.19.00 .00	- - Las demás
0906.20.00 .00	- Trituradas o pulverizadas
0907.00.00 .00	Clavo (frutos, clavillos y pedúnculos).
0909.10.00 .00	- Semillas de anís o de badiana
0909.20.90 .00	- - Los demás
0910.99.10 .00	- - - Hojas de laurel
0910.99.90 .00	- - - Las demás
12.11	Plantas, partes de plantas, semillas y frutos de las especies utilizadas principalmente en perfumería, medicina o para usos insecticidas, parasiticidas o similares, frescos o secos, incluso cortados, quebrantados o pulverizados.
1211.20.00 .00	- Raíces de «ginseng»
1211.30.00 .00	- Hojas de coca
1211.90	- Los demás:
1211.90.30 .00	- - Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)
1211.90.50 .00	- - Uña de gato (<i>Uncaria tomentosa</i>)
1211.90.60 .00	- - Hierbaluisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)
1211.90.90 .00	- - Los demás
21.01	Extractos, esencias y concentrados de café, té o yerba mate y preparaciones a base de estos productos o a base de café, té o yerba mate; achicoria tostada y demás sucedáneos del café tostados y sus extractos, esencias y concentrados.
	- Extractos, esencias y concentrados de café y preparaciones a base de estos extractos, esencias o concentrados o a base de café:
2101.11.00 .00	- - Extractos, esencias y concentrados
2101.12.00 .00	- - Preparaciones a base de extractos, esencias o concentrados o a base de café
2101.20.00 .00	- Extractos, esencias y concentrados de té o de yerba mate y preparaciones a base de estos extractos, esencias o concentrados o a base de té o de yerba mate



22.02	Agua, incluidas el agua mineral y la gaseada, con adición de azúcar u otro edulcorante o aromatizada, y demás bebidas no alcohólicas, excepto los jugos de frutas u otros frutos o de hortalizas de la partida 20.09.
2202.90.00 .00	- Las demás

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de este Reglamento Técnico Ecuatoriano, se adoptan las definiciones contempladas en las siguientes Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN 1122; NTE INEN 1123; NTE INEN 2381; NTE INEN 2392 y NTE INEN 2411 vigentes; y además la siguiente:

3.1.1 *Proveedor*. Toda persona natural o jurídica de carácter público o privado que desarrolle actividades de producción, fabricación, importación, construcción, distribución, alquiler o comercialización de bienes, así como prestación de servicios a consumidores, por las que se cobre precio o tarifa. Esta definición incluye a quienes adquieran bienes o servicios para integrarlos a procesos de producción o transformación, así como a quienes presten servicios públicos por delegación o concesión.

4. CLASIFICACIÓN

4.1 El café tostado y molido se clasifica en:

4.1.1 Café tostado y molido extra fino.

4.1.2 Café tostado y molido fino.

4.1.3 Café tostado y molido mediano.

4.1.4 Café tostado y molido grueso.

4.2 El café soluble se clasifica en:

4.2.1 Café soluble sin descafeinar, y que se designará como "café soluble".

4.2.2 Café soluble descafeinado, y que se designará como "café soluble descafeinado".

4.2.3 El café soluble o instantáneo, sin descafeinar o descafeinado, de acuerdo a su proceso de elaboración se clasifica en:

4.2.3.1 Café atomizado

4.2.3.2 Café aglomerado

4.2.3.3 Café liofilizado

4.3 El té se clasifica en:

4.3.1 Té negro

4.3.2 Té pardo (oolong)

4.3.3 Té verde

4.3.4 Té soluble instantáneo



4.3.5 Extracto de Té

4.3.6 Té descafeinado

5. CONDICIONES GENERALES

5.1 La elaboración de los productos, contemplados en este Reglamento Técnico, deben efectuarse de conformidad con el Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura del Ministerio de Salud Pública.

5.2 Los productos deben tener olor y sabor característicos, libre de olores extraños.

5.3 Los límites máximos de plaguicidas no deben superar los establecidos en el Codex Alimentarius CAC/ MRL 1, en su última edición.

5.4 Café tostado y molido

5.4.1 El café tostado en grano, café torrado y el café tostado y molido no deben tener colorantes naturales, artificiales, materias extrañas de origen vegetal, animal o mineral.

5.4.2 El café tostado en grano, café torrado y el café tostado y molido no deben presentar sabores ni olores extraños, tales como vinagre, moho, fermentos y químicos.

5.4.3 El café tostado en grano y el café tostado y molido deben ser el 100% de granos de café.

5.4.4 El café tostado en grano no debe contener más de 10% de granos carbonizados.

5.5 Café soluble

5.5.1 El café soluble o instantáneo, descafeinado o no, debe ser elaborado con materia prima que cumpla con los requisitos que establecen la NTE INEN 285.

5.5.2 En el proceso de elaboración del café soluble o instantáneo sin descafeinar o descafeinado no debe adicionarse ningún tipo de azúcares.

5.5.3 El café soluble descafeinado debe obtenerse mediante un proceso adecuado que garantice la descafeinización del producto.

5.5.4 Los granos de café para la preparación de café soluble deben estar limpios, exentos de materia terrosa, parásitos, restos de vegetales o animales y en perfecto estado de conservación.

5.6 Té

5.6.1 Al análisis histológico, el té debe corresponder con la especie de la cual procede.

5.6.2 No se permite la adición de colorantes ni de otras sustancias que modifiquen la naturaleza del producto.

5.6.3 Al té se le puede adicionar saborizantes permitidos para obtener el té saborizado o con sabores.

5.6.4 Al té se le puede adicionar trozos de frutas deshidratadas y/o especias; el porcentaje mínimo de trozos de fruta adicionado debe ser del 10 % y no más del 25 %.



5.7 Hierbas aromáticas

5.7.1 Las hierbas aromáticas deben, corresponder taxonómicamente a la especie declarada, que cumplan condiciones higiénicas y presentar las características macroscópicas y microscópicas que les son propias.

5.7.2 No debe contener más de 15% de otras partes del vegetal exentas de propiedades aromatizantes y saborizantes.

5.7.3 Las hierbas aromáticas deben contener los aceites esenciales que caracteriza a cada una.

5.7.4 Las hierbas aromáticas pueden expendirse enteras o molidas, solas o mezcladas entre sí, adicionadas con frutas, azúcar o miel.

5.7.5 Se permite la adición de saborizantes naturales y artificiales permitidos en la NTE INEN 2074.

5.7.6 No se permite la adición de colorantes.

6. REQUISITOS DEL PRODUCTO

6.1 Café tostado y molido

6.1.1 El café tostado y molido debe cumplir con los requisitos establecidos en el capítulo de Requisitos de la NTE INEN 1123 vigente.

6.2 Café soluble

6.2.1 El café soluble debe cumplir con los requisitos establecidos en el capítulo de Requisitos de la NTE INEN 1122 vigente, con excepción del numeral de requisitos complementarios.

6.3 Té

6.3.1 El té debe cumplir con los requisitos establecidos en el capítulo de requisitos de la NTE INEN 2381 vigente.

6.4 Hierbas aromáticas

6.4.1 Las hierbas aromáticas deben cumplir con los requisitos establecidos en el capítulo de Requisitos de la NTE INEN 2392 vigente.

6.5 Bebidas energéticas

6.5.1 Las bebidas energéticas deben cumplir con los requisitos establecidos en el capítulo de Requisitos de la NTE INEN 2411 vigente.

7. REQUISITOS DE ROTULADO

7.1 El rotulado de los productos indicados en el numeral 2.1 de este Reglamento Técnico Ecuatoriano debe cumplir con los requisitos del Reglamento RTE INEN 022.

7.1.1 En las bebidas energéticas deben incluirse leyendas de advertencia para este producto y deben ir en letras legibles en condiciones de visión normal. Las leyendas deben ser: Bebida no recomendada para niños, mujeres embarazadas, personas sensibles a la cafeína.



8. ENSAYOS PARA EVALUAR LA CONFORMIDAD.

8.1 Café tostado y molido y café soluble

8.1.1 Los métodos de ensayo utilizados para verificar el cumplimiento con este Reglamento Técnico Ecuatoriano para el café tostado y molido y café soluble son los siguientes:

PARAMETRO	METODO DE ENSAYO
Café soluble. Determinación de la pérdida por calentamiento	NTE INEN 1114
Café. Determinación de la Cafeína. (Método de rutina)	NTE INEN 1112
Café soluble. Determinación de las cenizas totales	NTE INEN 1117
Café elaborado. Determinación del extracto acuoso	COVENIN 434
DETERMINACIÓN DEL COLOR	NTE INEN 1123 (Anexo B)
Café. Determinación de la cafeína. (Método de referencia)	NTE INEN 1115
Conservas vegetales. Determinación de la concentración del ion hidrógeno pH	NTE INEN 389
Café soluble. Determinación del contenido de carbohidratos libres y totales. Método por cromatografía de intercambio aniónico de alta resolución	NTE INEN 2225
Café tostado molido. Determinación de las cenizas solubles en agua	NTE INEN 1119
Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos, REP	NTE INEN 1529-5
Control microbiológico de los alimentos. Determinación microorganismos coliformes por la técnica del número más probable	NTE INEN 1529-6
Control microbiológico de los alimentos. Determinación de coliformes fecales y escherichia coli	NTE INEN 1529-8
Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra a profundidad	NTE INEN 1529-10

8.2 Té

8.2.1 Los métodos de ensayo utilizados para verificar el cumplimiento con este Reglamento Técnico ecuatoriano para el té son los siguientes:



PARAMETRO	METODO DE ENSAYO
HUMEDAD	NTE INEN 1114
Determinación de la Cafeína. (Método de rutina)	NTE INEN 1112
Cenizas totales	NTE INEN 1117
Determinación de la cafeína. (Método de referencia)	NTE INEN 1115
Determinación de las cenizas solubles en agua	NTE INEN 1119
Determinación de las cenizas insolubles en ácido	NTE INEN 1118
ALCALINIDAD DE LAS CENIZAS SOLUBLES EN AGUA	AOAC 18 th 31.016
Extracto etéreo (extracto de té)	AOAC 920.97 Petroleum ether extract of tea
Materia insoluble (extracto de té)	AOAC 920.104 Water extract of tea
Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos, REP	NTE INEN 1529-5
Control microbiológico de los alimentos. Determinación microorganismos coliformes por la técnica del número más probable	NTE INEN 1529-6
Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra a profundidad	NTE INEN 1529-10

8.3 Hierbas aromáticas

8.3.1 Los métodos de ensayo utilizados para verificar el cumplimiento con este Reglamento Técnico Ecuatoriano para las hierbas aromáticas son los siguientes:

PARAMETRO	METODO DE ENSAYO
HUMEDAD	NTE INEN 1114
Determinación de las cenizas insolubles en ácido	NTE INEN 1118
CONTENIDO DE ACEITES ESENCIALES	AOAC 988.20
Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos, REP	NTE INEN 1529-5
Control microbiológico de los alimentos. Determinación microorganismos coliformes por la técnica del RECuento DE COLONIAS	NTE INEN 1529-7
Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra a profundidad	NTE INEN 1529-10
Control microbiológico de los alimentos. Determinación Enterobacteriaceae. Recuento en placa por siembra en profundidad	NTE INEN 1529-13



Control microbiológico de los alimentos. Salmonella. Método de detección	NTE INEN 1529-15
Control microbiológico de los alimentos. Shigella. Método de detección	NTE INEN 1529-16
Control microbiológico de los alimentos. Clostridium perfringens. Recuento en tubo por siembra en masa	NTE INEN 1529-18

8.4 Bebidas energéticas

8.4.1 Los métodos de ensayo utilizados para verificar el cumplimiento con este Reglamento Técnico Ecuatoriano para las bebidas energéticas son los siguientes:

PARAMETRO	METODO DE ENSAYO
Determinación de la Cafeína	NTE INEN 1081.
Determinación de bacterias coliformes	NTE INEN 1095
Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos, REP	NTE INEN 1529-5
Control microbiológico de los alimentos. Determinación microorganismos coliformes por la técnica del número más probable	NTE INEN 1529-6
Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra a profundidad	NTE INEN 1529-10

9. MUESTREO

9.1 La selección de muestras para realizar los ensayos que se describen en este Reglamento Técnico Ecuatoriano se efectuará según la Norma ISO 8423 Planes sucesivos de muestreo para la inspección por variables para determinar el porcentaje no conforme (desviación típica conocida), ISO 8422 Planes sucesivos de muestreo para la inspección por atributos; CAC/GL 50-2004 Directrices generales sobre muestreo

9.2 Cuando se requiera certificar un lote de producción específico debe considerarse un plan de muestreo acordado entre las partes, teniendo en cuenta lo establecido en la NTE INEN 2859-1.

10. DOCUMENTOS NORMATIVOS CONSULTADOS O DE REFERENCIA

10.1 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1123 *Café tostado y molido. Requisitos*

10.2 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1122 *Café soluble. Requisitos*

10.3 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2381 *Té. Requisitos*

10.4 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2392 *Hierbas aromáticas. Requisitos*

10.5 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2411 *Bebidas energéticas. Requisitos*



10.6 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2859-1 *Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1. Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote.*

10.7 ISO 8423 *Planes sucesivos de muestreo para la inspección por variables para determinar el porcentaje no conforme (desviación típica conocida)*

10.8 ISO 8422 *Planes sucesivos de muestreo para la inspección por atributos*

10.9 CAC/GL 50-2004 *Directrices generales sobre muestreo*

10.10 Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura para alimentos procesados. Decreto Ejecutivo 3253, Registro Oficial 696 de 4 de Noviembre del 2002.

10.11 Codex Alimentario CAC/MRL 1-2001 *Lista de Límites Máximos para Residuos de Plaguicidas*

10.12 Codex alimentario CXS 193-1995 (Enm. 2009) *Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos*

10.13 Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 022 *Rotulado de productos alimenticios procesados, envasados y empacados. Requisitos.*

11. DEMOSTRACIÓN DEL CUMPLIMIENTO CON EL REGLAMENTO TECNICO ECUATORIANO

11.1 Los productos deben cumplir con lo dispuesto en este documento y con las demás disposiciones establecidas en otras leyes y reglamentos vigentes aplicables a estos productos.

11.2 La demostración de la conformidad con el presente Reglamento Técnico Ecuatoriano debe realizarse mediante la presentación de un certificado de conformidad, de acuerdo con lo que se establece en la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

12. ORGANISMOS ENCARGADOS DE LA EVALUACIÓN Y LA CERTIFICACIÓN DE LA CONFORMIDAD

12.1 La evaluación de la conformidad y la certificación de la conformidad exigida en el presente Reglamento Técnico Ecuatoriano debe ser realizada por entidades debidamente acreditadas o designadas de acuerdo con lo que se establece en la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

13. AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y/O SUPERVISIÓN

13.1 El Ministerio de Salud Pública y las instituciones del estado que en función de sus leyes constitutivas tengan facultades de fiscalización y supervisión son las autoridades competentes para efectuar las labores de vigilancia y control del cumplimiento de los requisitos del presente Reglamento Técnico Ecuatoriano, de acuerdo con lo que se establece la Ley Orgánica de Defensa del Consumidor y la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

14. TIPO DE FISCALIZACIÓN Y/O SUPERVISIÓN

14.1 La fiscalización y/o supervisión del cumplimiento del presente Reglamento Técnico Ecuatoriano lo realizarán los organismos especializados competentes, en los locales comerciales de distribución y/o expendio de estos productos, sin previo aviso.



15. RÉGIMEN DE SANCIONES

15.1 Los proveedores de estos productos que incumplan con lo que establece en este Reglamento Técnico Ecuatoriano recibirán las sanciones previstas en la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad y demás leyes vigentes, según el riesgo que implique para los usuarios y la gravedad del incumplimiento.

16. RESPONSABILIDAD DE LOS ORGANISMOS DE EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

16.1 Los organismos de certificación, laboratorios o demás instancias que hayan extendido certificados de conformidad o informes de laboratorio erróneos o que hayan adulterado deliberadamente los datos de los ensayos de laboratorio o de los certificados, tendrán responsabilidad administrativa, civil, penal y/o fiscal de acuerdo con lo que establece en la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad y demás leyes vigentes.

17. REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL REGLAMENTO TÉCNICO

17.1 Con el fin de mantener actualizadas las disposiciones de este Reglamento Técnico Ecuatoriano, el Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, lo revisará en un plazo no mayor a cinco (5) años contados a partir de la fecha de su entrada en vigencia, para incorporar avances tecnológicos o requisitos adicionales de seguridad para la protección de la salud, la vida y el ambiente, de conformidad con lo que establece en la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

ARTÍCULO 2.- Disponer al Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, que de conformidad con el Acuerdo Ministerial No. 11 256 del 15 de julio de 2011, publicado en el Registro Oficial No. 499 del 26 de julio de 2011, publique el REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORINO RTE INEN 068 "CAFÉ, TÉ, HIERBAS AROMÁTICAS Y BEBIDAS ENERGÉTICAS" en la página web de esa Institución (www.inen.gob.ec).

ARTÍCULO 3.- Este Reglamento Técnico Ecuatoriano entrará en vigencia transcurridos ciento ochenta días calendario desde la fecha de su promulgación en el Registro Oficial.

COMUNÍQUESE Y PUBLÍQUESE en el Registro Oficial.

Dado en Quito, Distrito Metropolitano, 8 de mayo de 2012

Telga. Catalina Cárdenas
SUBSECRETARIA DE LA CALIDAD

Anexo 11: Norma técnica ecuatoriana 1117



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1117:2013
Primera revisión

CAFÉ SOLUBLE. DETERMINACIÓN DE CENIZAS TOTALES

Primera edición

SOLUBLE COFFEE. DETERMINATION OF ASH

First edition

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, café soluble, determinación de cenizas totales.
AL 02.05-328
CDU: 663.935
ICS: 67.140.20

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	CAFÉ SOLUBLE DETERMINACIÓN DE CENIZAS TOTALES	NTE INEN 1117:2013 Primera revisión 2013-09
<p>1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma describe el método para determinar el contenido de cenizas totales en el café soluble descrito en la NTE INEN 1122.</p> <p>2. DEFINICIONES</p> <p>2.1 Cenizas. Es el producto resultante de la incineración del café soluble, mediante procedimientos normalizados</p> <p>3. MÉTODO DE ENSAYO</p> <p>3.1 Resumen</p> <p>3.1.1 Se calcina una muestra de café soluble a $550\text{ C}^{\circ} \pm 10^{\circ}\text{C}$, y se pesa el residuo que corresponde a las cenizas.</p> <p>3.2 Equipos</p> <p>3.2.1 <i>Balanza analítica.</i> Sensible al 0,1 mg.</p> <p>3.2.2 <i>Campana de extracción</i></p> <p>3.2.3 <i>Mechero de Bunsen</i></p> <p>3.2.4 <i>Crisoles de porcelana o cápsulas de platino</i></p> <p>3.2.5 <i>Estufa,</i> con regulador de temperatura, ajustada a $100^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.</p> <p>3.2.6 <i>Desecador,</i> con cloruro de calcio anhidro u otro deshidratante adecuado,</p> <p>3.2.7 <i>Triángulo de porcelana</i></p> <p>3.2.8 <i>Tripode de fierro</i></p> <p>3.2.9 <i>Mufa,</i> con regulador de temperatura, ajustada a $550^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$.</p> <p>3.2.10 <i>Rejilla de asbesto</i></p> <p>3.2.11 <i>Pinzas para crisol</i></p> <p>3.2.12 <i>Espátula.</i></p> <p>3.3 Preparación de la muestra</p> <p>3.3.1 Se homogeniza la muestra, invirtiendo varias veces el recipiente que lo contiene.</p> <p>3.3.2 La cantidad de muestra de café soluble, extraída de un lote determinado, deberá ser representativa y no debe exponerse al aire mucho tiempo.</p> <p>3.3.3 El material que debe usarse para este ensayo, debe estar completamente limpio y seco.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, café soluble, determinación de cenizas totales.</p>		

3.4 Procedimiento

3.4.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.

3.4.2 En un crisol o cápsula de peso constante pesar de 3 a 4 de muestra con aproximación de a 0,2 mg.

3.4.3 Colocar el crisol con muestra sobre la flama del mechero y se incinera lentamente, evitando la proyección de la muestra fuera del crisol. Encender la campana de extracción para eliminar el humo desprendido por la muestra.

3.4.4 Se calienta la muestra hasta que ya no desprenda humo y esté completamente carbonizada.

3.4.5 Colocar la cápsula con su contenido, cerca de la puerta de la mufla abierta y mantenerla allí durante unos pocos minutos para evitar pérdidas por proyección de material, que puede ocurrir si la cápsula se introduce directamente en la mufla.

3.4.6 Introducir la cápsula en la mufla a $550^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ hasta obtener cenizas libres de partículas de carbón, lo que se logra aproximadamente a las 5 h cuando las cenizas tienen una coloración gris claro.

3.4.7 Sacar la cápsula (con las cenizas), transferir a la estufa y mantener ahí durante 1 h a 90°C , dejar enfriar en el desecador y pesar con aproximación al 0,1 mg. Repetir la incineración por períodos de 30 minutos, enfriando y pesando hasta que no haya disminución en la masa.

3.5 Cálculos

3.5.1 El contenido de cenizas totales del café soluble se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$C = \frac{m_1 - m}{m_2 - m} \times 100$$

En donde:

C = cantidad de cenizas en el café soluble, en porcentaje de masa;

m = masa de la cápsula vacía, en g;

m₁ = masa de la cápsula con el producto (después de la incineración), en g;

m₂ = masa de la cápsula con el producto (antes de la incineración), en g.

3.6 Errores de método

3.6.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder de 0,01%, en caso contrario, debe repetirse la determinación.

3.7 Informe de resultados

3.7.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de los dos resultados de la determinación aproximada a centésimas.

3.7.2 En el informe de resultados, deben indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse, además, cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

3.7.3 Deben incluirse todos los detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

APENDICE Z**Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1120 *Café soluble. Requisitos.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Técnica Peruana 209.315. *Café soluble. Métodos de ensayo.* Comisión de normalización y de fiscalización de barreras comerciales no arancelarias INDECOPI Perú, 2008.

Norma Mexicana NMX-F-139-SCFI-2010. *Café puro soluble, sin descafeinar o descafeinado - especificaciones y métodos de prueba.* Ministerio de Economía, México, 2010.

Método AOAC de análisis. AOAC 15. *Coffee and Tea.* Ash Official final action. Association of official Chemists. Washington, 1970.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento:	TÍTULO: CAFÉ SOLUBLE. DETERMINACIÓN DE CENIZAS	Código:
	NTE INEN 1117 TOTALES	AL 02.06-328
Primera revisión		
ORIGINAL:	REVISION:	
Fecha de iniciación del estudio:	Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1984-04-05 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo No. 538 de 1984-08-08 publicado en el Registro Oficial No. 78 de 1984-12-03	
	Fecha de iniciación del estudio: 2012-07-19	
Fechas de consulta pública: 2012-11-20 al 2012-12-20		
Subcomité Técnico:		
Fecha de iniciación:	Fecha de aprobación:	
Integrantes del Subcomité:		
NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:	
<p>Mediante compromiso presidencial N° 16364, el Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN, en vista de la necesidad urgente, resuelve actualizar el acervo normativo en base al estado del arte y con el objetivo de atender a los sectores priorizados así como a todos los sectores productivos del país.</p> <p>Para la revisión de esta Norma Técnica se ha considerado el nivel jerárquico de la normalización, habiendo el INEN realizado un análisis que ha determinado su conveniente aplicación en el país.</p> <p>La Norma en referencia ha sido sometida a consulta pública por un periodo de 30 días y por ser considerada EMERGENTE no ha ingresado a Subcomité Técnico.</p>		
<p>Otros trámites: *⁴ Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue DESREGULARIZADA, pasando de OBLIGATORIA a VOLUNTARIA, según Resolución del Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04, publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20.</p>		
<p>Esta NTE INEN 1117:2013 (Primera revisión), reemplaza a la NTE INEN 1117:1984.</p>		
<p>La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma</p>		
Oficializada como: Voluntaria	Por Resolución No. 13286 de 2013-08-13	
Registro Oficial No.(S) 84 de 2013-09-19.		

Anexo 12: Comisión del Codex Alimentarius

COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura



Organización
Mundial de la Salud

S

Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia - Tel: (+39) 06 57051 - Fax: (+39) 06 5705 4593 - E-mail: codex@fao.org - www.codexalimentarius.org

Tema 3 del programa

CX/SCH 14/013
Diciembre de 2013

PROGRAMA CONJUNTO DE LA FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS

COMITÉ SOBRE ESPECIAS Y HIERBAS CULINARIAS

Primera reunión

Kochi (Cochin), India, 11- 14 de febrero de 2014

ACTIVIDADES DE OTRAS ORGANIZACIONES INTERNACIONALES RELEVANTES PARA EL TRABAJO DEL CCSC

(1) La Asociación Europea para las Especies (ESA)¹

1.1 Introducción a la Asociación Europea para las Especies

La Asociación Europea para las Especies (ESA, *European Spice Association*) es la organización que engloba a la industria europea de las especias. Está formada por las federaciones nacionales de la industria de las especias de los países miembros de la Unión Europea, Suiza y Turquía. También pueden admitirse como miembros asociados de la ESA a aquellas asociaciones y organizaciones nacionales o internacionales que representen a exportadores/comerciantes en origen y a transformadores, envasadores/comerciantes o asociaciones de países europeos (que no pertenezcan a la Unión Europea) y que cumplan los requisitos de pertenencia a esta asociación.

Las empresas pertenecientes a la Unión Europea, la AELC (Asociación Europea de Libre Comercio) y las de Turquía que tengan una gran implicación en la transformación, envasado y/o comercialización de hierbas y especias pueden solicitar la afiliación directa a la ESA.

Objetivos de la Asociación:

- Representar los intereses de sus miembros en los órganos y departamentos representativos de la Unión Europea, así como en instituciones y organizaciones internacionales;
- Promover el interés de los miembros en relación con los productos del sector y proteger la imagen de los productos y del sector;
- Promover el interés de consumidores y clientes;
- Investigar sobre asuntos de interés común para los miembros en áreas científicas, legislativas, tecnológicas y económicas.

La ESA es miembro de la Organización Internacional de Asociaciones para el Comercio de Especies (IOSTA, *International Organisation of Spice Trade Associations*) y apoya sus objetivos.

Para más información sobre el Documento de Mínimos de Calidad de la Asociación Europea para las Especies, por favor póngase en contacto con la oficina de la ESA:

Asociación Europea para las Especies
Reuterstraße 151
D-53113 Bonn
Alemania
Tel: 00 49 228 216 162
Fax: 00 49 228 229 460
E-mail: esa@verbaendebuero.de
<http://esa-spices.org>

¹ Este Informe ha sido preparado bajo la responsabilidad de ESA.

1.2 **Ámbito del Documento de Mínimos de Calidad de la ESA**

Este documento describe los mínimos de calidad para especias y hierbas secas que deberían exigir los compradores cuando dichos productos se adquieran para su posterior transformación dentro de la Unión Europea.

Este documento se aplica a las transacciones de empresa a empresa (*business to business*) no a los productos destinados a la venta directa al consumidor final.

Todos los productos que ya han sido transformados (por ejemplo, que se hayan sometido a molido o reducción microbiana) no se encuentran dentro del ámbito de este documento a menos que se indique otra cosa de manera explícita.

1.3 **Objetivo del Documento de Mínimos de Calidad de la ESA**

El objetivo de este documento es garantizar que las especias y hierbas, como productos agrícolas, han sido cultivadas, recolectadas y tratadas de forma que se asegure que los productos cumplen estos requisitos mínimos de calidad.

Para alcanzar este objetivo, la ESA apoya los principios de Buenas Prácticas Agrícolas y de Fabricación. Estos principios sirven para todas las partes implicadas en la cadena de suministro, puesto que se centran en la prevención y el control más que en el reacondicionamiento, que no siempre es tecnológicamente posible.

Las condiciones de cosecha y post-cosecha deberían garantizar que el material se almacena y manipula de forma que se evite la adulteración, la contaminación y el crecimiento de microorganismos.

1.4 **Definiciones**

1.4.1. Impurezas:

Materia procedente de la planta específica distinta de la parte necesitada.

1.4.2. Materia extraña:

Toda la materia que sea extraña a la planta. La materia extraña puede ser peligrosa o no peligrosa. La materia peligrosa incluye materia vegetal extraña con propiedades tóxicas o alergénicas, así como vidrio, metal, piedras, etc.

1.4.3. Trazas:

Niveles bajos de volátiles (en general <0,5 %) para los que la cuantificación analítica utilizando la norma ISO 8571 no es exacta ni fiable. Las propiedades aromatizantes y sensoriales deben ser acordadas entre el comprador y el vendedor.

1.4.4. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el uso de plaguicidas (Definición del Codex Alimentarius):

Se entiende por buenas prácticas agrícolas en el uso de plaguicidas todo uso inocuo autorizado a nivel nacional, en las condiciones existentes, de los plaguicidas necesarios para un control eficaz y fiable de las plagas. Comprende una gama de niveles de aplicación de plaguicidas hasta la concentración de uso autorizado más elevada, de forma que quede la concentración mínima posible del residuo.

Los usos inocuos autorizados se determinan a nivel nacional y prevén usos registrados o recomendados en el país que tengan en cuenta las consideraciones de salud pública y profesional, y la seguridad del medio ambiente. Las condiciones reales incluyen cualquier fase de producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de productos alimenticios y piensos.

El término «plaguicida» se utiliza para englobar a un grupo de ingredientes activos que se utilizan para el control de plagas, enfermedades de los cultivos y malas hierbas, protección durante el almacenamiento, ectoparásitos y plagas en la salud pública. La cantidad de residuo debe ser la mínima posible y los límites legales nunca deben superarse.

1.4.5. Trazabilidad:

La trazabilidad de un alimento o cualquier otra sustancia destinados a ser incorporados en alimentos, o con probabilidad de serlo, deberá establecerse en todas las fases de producción, transformación y distribución.

Las empresas alimentarias deberán poder identificar a cualquier persona que les haya suministrado un alimento o cualquier sustancia destinada a, o con probabilidad de, ser incorporada a un alimento.

Las empresas alimentarias deberán poner en práctica sistemas y procedimientos para identificar a las empresas a las que hayan suministrado sus productos. (ver el artículo 18 del Reglamento (CE) nº 178/2002, página 4 de este documento).

Esto significa que:

- todos los transformadores deben ser capaces de garantizar que se puede realizar un seguimiento de cualquier alimento que entre en las instalaciones hasta llegar al proveedor;
- todos los transformadores deben ser capaces de garantizar que se puede realizar un seguimiento de cualquier alimento que salga de su negocio hasta llegar al consumidor inmediato.

1.5 Clasificación de alimentos y piensos elaborada por el Comité del Codex (CAC/MISC)

Definición de hierbas y especias en: http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=en

1.6 Documentos relevantes de la ESA:

Disponibles en: www.esa-spices.org:

- Definición de la ESA de hierbas culinarias y especias
- Lista de la ESA de hierbas culinarias y especias
- Documento de la ESA sobre sensibilización contra la adulteración

1.7 Especificaciones de Mínimos de Calidad para Hierbas y Especias de la Asociación Europea para las Especias

ASUNTO	
Toma de muestras	ISO 948 Para micotoxinas: Consultar el reglamento de la Comisión pertinente en: www.esa-spices.org
ANÁLISIS QUÍMICO/FÍSICO	
Cenizas	Para los valores ver el anexo I; para el análisis ver el anexo II.
Cenizas insolubles en ácido	Para los valores ver el anexo I; para el análisis ver el anexo II.
Agua	Para los valores ver el anexo I; para el análisis ver el anexo II.
Aceite volátil	Para los valores ver el anexo I; para el análisis ver el anexo II.
Actividad del agua	La actividad del agua es un parámetro clave que afecta al crecimiento microbiológico. Por tanto, la ESA recomienda un valor máximo deseable de 0,65.
Densidad aparente	Debido a la variabilidad de la metodología, tanto el método como el valor deberían acordarse entre el comprador y el vendedor.
Microbiología	No deben aparecer microorganismos en el producto en niveles que puedan representar un peligro para la salud. Si el producto ha sido tratado para reducir las cargas microbianas antes de ser importado al país de destino, el tratamiento deberá realizarse de manera que garantice la seguridad microbiológica de los consumidores. Otros requisitos específicos deben ser acordados entre el comprador y el vendedor.
CONTAMINANTES /RESIDUOS	
Plaguicidas	Deberán utilizarse de acuerdo con las buenas prácticas agrícolas. La aplicación y los límites de residuos deben cumplir la legislación existente nacional y/o de la UE.
Metales pesados	Deben cumplir con la legislación nacional y/o de la UE (p. ej. cadmio, plomo).
Micotoxinas	Las hierbas y especias deben cultivarse, cosecharse, manipularse y almacenarse de forma que se evite la aparición de micotoxinas. En caso de que se encuentren, los niveles deben cumplir la legislación existente nacional y/o de la UE.

Tratamientos	<p>Solo los procedimientos de transformación aprobados legalmente pueden aplicarse a cualquier tratamiento utilizado para la protección de la calidad del producto o la salud del consumidor.</p> <p>Deben emplearse fumigantes aprobados por la CE siguiendo las instrucciones de los fabricantes y deben indicarse en la documentación adjunta. La legislación europea ha prohibido el óxido de etileno (ETO). Esta prohibición incluye el material tratado tanto dentro como fuera de la UE (es decir, el uso de material que ha sido tratado con ETO antes de la importación también es ilegal).</p> <p>La irradiación no tiene actualmente una completa aceptación por parte del consumidor, de forma que el tratamiento debe acordarse entre el comprador y el vendedor. Si se acuerda su uso, la irradiación solo se permite en plantas de irradiación aprobadas por la UE. Sin embargo, la legislación de la UE exige que el producto irradiado se declare en todos los niveles de la cadena alimenticia.</p> <p>Los miembros de la ESA apoyan el uso respetuoso con el medio ambiente de los fumigantes (protocolo de Montreal) y procesos no tóxicos (ej., reducción microbiana bajo presión, tratamiento con vapor).</p> <p>Todos los productos que ya han sido transformados (por ejemplo, que se hayan sometido a molido o reducción microbiana) no se encuentran en el ámbito de este documento a menos que se indique otra cosa de manera explícita.</p>
PUREZA	
Especies Botánicas	Deben acordarse entre el comprador y el vendedor.
Adulteración	No debe existir.
Infestación	En la práctica no deberían aparecer insectos vivos y/o muertos, partes de insectos o contaminación de roedores que puedan apreciarse a simple vista (corregida si es necesario para la visión anómala).
Impurezas	Hierbas: máx. 2 %. Especies: máx. 1 %
Materia extraña	Las empresas alimentarias europeas deben evaluar si los productos cumplen la totalidad de los requisitos de seguridad antes de venderlos al consumidor final. Si no es el caso, será necesaria una transformación adicional.
PROPIEDADES SENSORIALES	No deben aparecer olor o sabor desagradables.
ENVASADO	El envasado no debe ser una fuente de contaminación, debe ser apto para alimentos y debe proteger la calidad del producto durante el transporte y almacenamiento.

Anexo 13: Evaluación sensorial para tisanas de ataco y mezcla con otras hierbas aromáticas



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

EVALUCIÓN SENSORIAL PARA TISANAS DE ATACO Y MEZCLA CON OTRAS HIERBAS
AROMÁTICAS

EVALUCIÓN SENSORIAL DE COLOR:

VALORACIÓN	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	TRATAMIENTOS								
		M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
		0%	20%	40%	0%	20%	40%	0%	20%	40%
		C	C	C	HL	HL	HL	M	M	M
1	Nada intenso									
2	Poco Intenso									
3	Normal									
4	Intenso									
5	Muy intenso									

EVALUCIÓN SENSORIAL DE AROMA:

VALORACIÓN	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	TRATAMIENTOS								
		M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
		0%	20%	40%	0%	20%	40%	0%	20%	40%
		C	C	C	HL	HL	HL	M	M	M
5	Muy fuerte									
4	Levemente fuerte									
3	Normal, característico									
2	Levemente bajo									
1	Sin olor									

EVALUACIÓN SENSORIAL DE SABOR:

VALORACIÓN	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	TRATAMIENTOS								
		M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
		0% C	20% C	40% C	0% HL	20% HL	40% HL	0% M	20% M	40% M
1	Me disgusta mucho									
2	Me disgusta poco									
3	Ni me gusta ni me disgusta									
4	Me gusta poco									
5	Me gusta mucho									

EVALUACIÓN DE ACEPTABILIDAD:

VALORACIÓN	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	TRATAMIENTOS								
		M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
		0% C	20% C	40% C	0% HL	20% HL	40% HL	0% M	20% M	40% M
1	Muy desagradable									
2	Poco desagradable									
3	Ni agrada ni desagrada									
4	Poco agradable									
5	Muy agradable									

Nota: C: Cedrón HL: Hierba Luisa M: Menta

Anexo 14: Análisis físico químicos



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13

FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°:	075 - 2015
Análisis solicitado por:	Srta. Jenny Benavides
Empresa:	Particular
Muestreado:	Propietario
Fecha de recepción:	17 de junio de 2015
Fecha de entrega Informe:	25 de junio de 2015
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura

#	Muestra	Codificación o # de Lote
N.A.	No aplica	No aplica

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado								Metodo de ensayo
		T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R2	
Humedad inicial	%	81,50	82,50	82,70	85,90	86,90	86,90	81,50	82,50	AOAC 925.10
Humedad final	%	9,94	11,16	11,81	6,94	8,08	8,05	7,99	6,98	
Cenizas	%	11,7	10,6	12,0	11,1	11,1	11,9	11,2	10,8	AOAC 923.03
Actividad de Agua	-----	0,59	0,61	0,60	0,57	0,60	0,57	0,57	0,59	Aw metter

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado							Metodo de ensayo	
		T3R3	T4R1	T4R2	T4R3	T5R1	T5R2	T5R3		T6R1
Humedad inicial	%	82,70	82,80	83,10	82,70	84,30	84,60	84,50	83,80	AOAC 925.10
Humedad final	%	7,96	5,92	5,98	5,99	11,52	9,98	9,01	6,93	
Cenizas	%	11,08	11,54	11,32	11,01	10,95	11,07	10,88	11,09	AOAC 923.03
Actividad de Agua	-----	0,56	0,57	0,59	0,55	0,55	0,53	0,53	0,48	Aw metter

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado							Metodo de ensayo	
		T6R2	T6R3	T7R1	T7R2	T7R3	T8R1	T8R2		T8R3
Humedad inicial	%	83,60	83,30	81,50	82,50	82,70	81,30	81,80	82,10	AOAC 925.10
Humedad final	%	6,85	6,95	7,87	7,91	8,98	5,99	5,60	7,95	
Cenizas	%	11,15	11,16	10,65	11,09	11,13	10,62	9,96	11,04	AOAC 923.03
Actividad de Agua	-----	0,50	0,57	0,52	0,48	0,50	0,60	0,61	0,59	Aw metter

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova Barrio El Olivo
Teléfono: (06)2997800
Fax: Ext: 7711.
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

Anexo 15: Análisis microbiológico



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13

FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°:	004 - 2016
Análisis solicitado por:	Srta. Jenny Benavides
Empresa:	No aplica
Muestreado:	No aplica
Fecha de recepción:	06 de enero de 2016
Fecha de entrega informe:	13 de enero de 2016
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura

Muestra: Ataco
No. de Lote No aplica
No. Unidades Analizadas No aplica

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado				Método de ensayo
		M1	M2	M3	Fresco	
Recuento Estandar en placa	UFC/g	180	260	200	8000	AOAC 989.10
Recuento de Coliformes	UFC/g	0	0	0	0	
Recuento de E. coli	UFC/g	0	0	0	0	
Recuento de Mohos	UFC/g	780	800	700	1200	AOAC 997.02
Recuento de Levaduras	UFC/g	400	1200	600	800	
Salmonella spp	pres/ausen	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	AOAC 967.26
Shigella spp	pres/ausen	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

Bloq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova Barrio El Olivo
Teléfono: (06)2997800
Fax: Ext. 7711
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

Anexo 16: Análisis de Polifenoles totales

MC-LSAIA-2201-03



INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
 DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD
 LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS
 Panamericana Sur Km. 1, CutigüiguaTels. 2690691-3007134. Fax. 3007134
 Castilla postal# 17-01-340



INFORME DE ENSAYO No: 15-144

NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Jenny Benavides
 DIRECCION: Ibarra
 FECHA DE EMISION: 3 de Junio de 2015
 FECHA DE ANALISIS: Del 25 de mayo al 2 de junio de 2015

INSTITUCION: Srta. Jenny Benavides
 ATENCION: 22/05/2015
 FECHA DE RECEPCION: 12H10
 HORA DE RECEPCION: Proximal, Polifenoles
 ANALISIS SOLICITADO

ANÁLISIS	HUMEDAD	CENIZAS ^U	E.E. ^U	PROTEINA ^U	FIBRA ^U	E.L.N. ^U	IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-01.02	MO-LSAIA-01.03	MO-LSAIA-01.04	MO-LSAIA-01.05	MO-LSAIA-01.06	
MÉTODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD	%	%	%	%	%	%	
15-0631	74.57	11.06	1.56	11.76	20.32	55.30	Ataco materia prima
ANÁLISIS							
MÉTODO		POLIFENOLES. ⁰					
UNIDAD		MO-LSAIA-31					
		mg/g					
15-0632		7.21					Ataco deshidratado T1 1
15-0633		8.57					Ataco deshidratado T1 2
15-0634		5.96					Ataco deshidratado T1 3
15-0635		12.10					Ataco deshidratado T2 1
15-0636		13.63					Ataco deshidratado T2 2
15-0637		11.83					Ataco deshidratado T2 3
15-0638		10.51					Ataco deshidratado T3 1
15-0639		11.46					Ataco deshidratado T3 2
15-0640		9.10					Ataco deshidratado T3 3
15-0641		16.82					Ataco deshidratado T4 1
15-0642		11.37					Ataco deshidratado T4 2
15-0643		11.87					Ataco deshidratado T4 3
15-0644		8.28					Ataco deshidratado T5 1
15-0645		8.81					Ataco deshidratado T5 2
15-0646		10.34					Ataco deshidratado T5 3
15-0647		9.76					Ataco deshidratado T6 1
15-0648		10.82					Ataco deshidratado T6 2
15-0649		10.16					Ataco deshidratado T6 3
15-0650		15.69					Ataco deshidratado T7 1
15-0651		14.24					Ataco deshidratado T7 2
15-0652		13.84					Ataco deshidratado T7 3
15-0653		8.44					Ataco deshidratado T8 1



MC-LSAIA-2201-03



INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA

DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD

LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS

Panamericana Sur Km. 1, Culebragua Tls. 2660691-3007134, Fax 3007134

Casilla postal 17.01-340



INFORME DE ENSAYO No: 15-144

15-0654	9,71			Ataco deshidratado T8 2
15-0655	8,87			Ataco deshidratado T8 3

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Armando Rubio
 RESPONSABLE DE CALIDAD




Dr. Ivan Samaniego, MSc.
 RESPONSABLE/TECNICO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

SIMBOLOGÍA

PH₂O= Peso del agua

P_i= peso de materia prima inicial

%X= Porcentaje de humedad

S= Peso del sólido seco

XBS = Humedad en base seca

X_o= Humedad inicial

X_f= Humedad final

X* = Humedad de equilibrio

X_c= Humedad crítica

X= Humedad libre

W_o= Velocidad de secado inicial

W_f= Velocidad de secado final

q = Calor transferido

G = Densidad de flujo másico del aire

h = Coeficiente de transmisión de calor

d= Densidad

°K = Grados kelvin

°C = Grados celcius

m = Metros

kg= Kilogramos

g= Gramos

s = Segundos

w= Vatios

kw= Kilovatios

cm = Centímetros

ppm= Partes por millón

ml= Milímetros

%= Porcentaje

A= Área

T= Temperatura

T_w= Temperatura de bulbo húmedo

KgH₂O = Kilogramos de agua

Kgss= Kilogramos de materia seca

UFC/g = Unidad formadora de colonias por gramo

Pres/ausen= Presencia / ausencia

r = Numero de degustadores.

t = Tratamientos.

Σ R² = Sumatoria de rangos al cuadrado.

CV = Coeficiente de variación

** : Alta significancia

* : Significancia

NS= No significancia

d_w= Presión de vapor

U= Energía interna

FAO= Organización de las Naciones

Unidas para la Alimentación y la

Agricultura