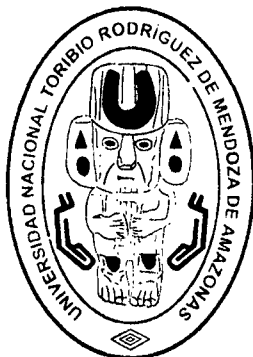


**UNIVERSIDAD NACIONAL
“TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA”
DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**



**“INFLUENCIA DE LA CINÉTICA DE SECADO EN LA
OBTENCIÓN DE HARINA DE PAPAYA (*Carica papaya L.*) PARA
USO AGROINDUSTRIAL, CHACHAPOYAS 2011”**

T E S I S

**Para obtener el Título Profesional de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

AUTORES : **Bach. ALENY LICET CAMAN MENDOZA**
: **Bach. GILMA CONSUELO SIFUENTES ZAVALTA**

ASESOR : **Ing. POLITO MICHAEL HUAYAMA SOPLA**

CHACHAPOYAS - AMAZONAS - PERÚ

2 0 1 2

**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**



**“INFLUENCIA DE LA CINÉTICA DE SECADO EN LA
OBTENCIÓN DE HARINA DE PAPAYA (*Carica papaya* L.) PARA
USO AGROINDUSTRIAL, CHACHAPOYAS 2011”**

TESIS

**Para obtener el Título Profesional de
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**AUTORES: Bach. ALENY LICET CAMAN MENDOZA
 Bach. GILMA CONSUELO SIFUENTES ZAVALETA**

ASESOR: Ing. POLITO MICHAEL HUAYAMA SOPLA

CHACHAPOYAS - AMAZONAS - PERÚ

2012

DEDICATORIAS

A ti Dios todo poderoso que me das la oportunidad de vivir, a mis padres Aquelia y Ángel, a mi hija Thayra, quienes confiaron en mí; que con su apoyo incondicional contribuyen en mi formación profesional.

A mi familia, María, Matilde, Pedro, Jeiner, Karen; quienes estuvieron y están presentes en cada etapa de mi vida, esta tesis los dedico en reconocimiento y gratitud, por todos los bienes materiales y espirituales que me prodigó su bondadoso corazón.

Con amor a Niger; por ser mi compañía en todo momento por confiar en mí, y hacer que todas mis metas sean cumplidas.

ALENY LICET

Con gratitud a Dios por regalarme el don de vivir, a mis padres José Adalicio y María Trinidad, por su gran apoyo incondicional que me brindan día a día, por su amor infinito, por depositar su confianza en mi persona, para realizar mis metas más anheladas en la vida que es el fruto del inmenso amor que me brindaron en los momentos más difíciles y fruto de eso estoy logrando culminar mi objetivo, lo cual estoy eternamente agradecida.

A mis hermanos, Rosa, Wilder, William, Gemner, Elmer y Danny, por brindarme su confianza y por estar a mi lado contribuyendo en mi realización profesional.

A mis amigos, en especial a Gilmer Wilson Horna Corrales, por su grato apoyo incondicional que me brindo durante este camino de enriquecimiento de mis conocimientos.

GILMA CONSUELO

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la vida.

A nuestros padres por brindarnos su apoyo incondicional durante nuestra etapa de realización profesional.

A nuestro Asesor Ing. Polito Michael Huayama Soplá, Profesor Auxiliar de la UNTRM-A, por la orientación y tiempo dedicado en la ejecución del presente trabajo de investigación y revisión del informe final.

Al Biólogo Oscar Gamarra Torres, Profesor principal de la UNTRM-A, por su apoyo en la realización del análisis microbiológico.

A los Responsables de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la UNTRM-A, por facilitarnos materiales y equipos durante el desarrollo del trabajo de Investigación. A todas las demás personas que hicieron posible la realización de la presente Tesis.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**Dr. VICENTE MARINO CASTAÑEDA CHÁVEZ
RECTOR**

**BLGA. ZOILA ROSA GUEVARA MUÑOZ
VICERECTOR ADMINISTRATIVO (e)**

**MSc. JOSÉ ROBERTO NERVI CHACÓN
VICERECTOR ACADÉMICO (e)**

**ING. WILSON MANUEL CASTRO SILUPÚ
DECANO (e) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS**

La presente tesis ha sido asesorado por:

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Michael", written in a cursive style with a large loop at the end.

Ing. Polito Michael Huayama Sopa
Profesor Auxiliar UNTRM-A
Asesor

JURADO EVALUADOR



ING. ERICK ALDO AUQUIÑIVIN SILVA

PRESIDENTE



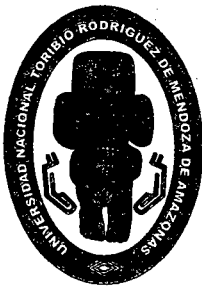
ING. HELI HUMBERTO AGUIRRE ZAQUINAULA

SECRETARIO



ING. MEREGILDO SILVA RAMIREZ

VOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 08 de FEBRERO del año 2012, siendo las 10:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado conformado por:

Presidente: Ing. Erick Adolfo Aguilar Silva

Secretario: Ing. Helio Humberto Aguirre Zaguinavala

Vocal: Ing. Mercedes Silva Ramírez

para evaluar la Sustentación del Informe de Tesis presentado por el(la) bachiller, don(ña) Alexy Licet Caman Mendoza, titulado "Influencia de la cinética de secado en la obtención de harina de papaya (Carica papaya L.) para uso agroindustrial Chachapoyas 2011".

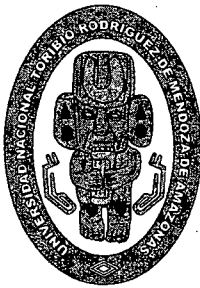
Después de la sustentación respectiva, el Jurado acuerda la APROBACIÓN (), DESAPROBACIÓN () por mayoría (), por unanimidad (); en consecuencia, el (la) aspirante puede proseguir con el trámite subsiguiente, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la UNAT-A.

Siendo las 11:30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación del Informe de Tesis.

[Signature]
SECRETARIO

[Signature]
PRESIDENTE

Form6- T



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AGRARIAS

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 08 de FEBRERO del año 2012, siendo las 10:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado conformado por:

Presidente: Ing. Ericko Aldo Augustin Silva

Secretario: Ing. Helio Humberto Aguirre Zagaínola

Vocal: Ing. Mercedito Silva Ramirez

para evaluar la Sustentación del Informe de Tesis presentado por el(la) bachiller, don(ña) Gilma Consuelo Sifuentes Zavaleta, titulado "Influencia de la cinética de secado en la obtención de harina de papaya (Carica papaya L.) para uso Agroindustrial, Chachapoyas 2011"

Después de la sustentación respectiva, el Jurado acuerda la APROBACIÓN (X), DESAPROBACIÓN () por mayoría (), por unanimidad (X); en consecuencia, el (la) aspirante puede proseguir con el trámite subsiguiente, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la UNAT-A.

Siendo las 11:30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación del Informe de Tesis.

SECRETARIO

PRESIDENTE



Form6- T

INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.	ii
AGRADECIMIENTO.	iv
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.	v
V° B° DEL ASESOR.	vi
JURADO EVALUADOR.	vii
INDICE GENERAL.	viii
INDICEN DE TABLAS.	x
INDICE DE FIGURAS.	xiv
INDICE DE FOTOFRAFIAS.	xvii
RESUMEN.	xviii
ABSTRACT.	xix
I. INTRODUCCIÓN.	1
II. MATERIAL Y MÉTODO.	9
2.1. Materia Prima e Insumos.	9
2.2. Material y Equipos.	9
2.3. Procedimiento experimental.	10
2.3.1. Cinética de secado de papaya.	10
2.3.2. Selección y acondicionamiento de la materia prima.	11
2.3.3. Análisis Físicoquímico de la harina de papaya.	12
2.3.4. Análisis Microbiológico.	12
2.3.5. Análisis sensorial.	13
2.3.6. Análisis estadístico.	13

III. RESULTADOS.	14
3.1. Características de la papaya.	14
3.2. Cinética de secado de papaya.	14
3.3. Modelo matemático de la cinética de secado de papaya.	21
3.4. Análisis fisicoquímico.	23
3.5. Análisis microbiológico.	23
3.7. Análisis sensorial.	24
IV. DISCUSIÓN.	25
V. CONCLUSIONES.	27
VI. RECOMENDACIONES.	28
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .	29
ANEXO 1: Acondicionamiento del equipo experimental.	33
ANEXO 2: Secuencia fotográfica selección y acondicionamiento de papaya.	34
ANEXO 3: Secuencia fotográfica del secado de papaya.	35
ANEXO 4: Secuencia fotográfica de obtención de harina de papaya.	36
ANEXO 5: Secuencia fotográfica del análisis realizado a la harina de papaya.	37
ANEXO 6: Resultados de las corridas experimentales de secado de tiras de papaya realizadas con aire a 40 °C y velocidades de 1,5, 2,5 y 3,5 m/s.	38
ANEXO 7: Resultados de las corridas experimentales de secado de tiras de papaya realizadas con aire a 50 °C y velocidades de 1,5, 2,5 y 3,5 m/s.	50
ANEXO 8: Resultados de las corridas experimentales de secado de tiras de papaya realizadas con aire a 60 °C y velocidades de 1,5, 2,5 y 3,5 m/s.	61
ANEXO 9: Análisis Fisicoquímico de la harina de papaya.	70
ANEXO 10: Análisis Microbiológico de la harina de papaya.	74
ANEXO 11: Formato test escala hedónica.	77

INDICÉ DE TABLAS

Tabla 1. Análisis fisicoquímico de pulpa fresca de papaya.	14
Tabla 2. Datos experimentales de secado de papayas, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a 50°C y velocidad de 2,5 m/s.	16
Tabla 3. Ecuaciones correspondientes a la parte recta y a la parte curva de cada una de las gráficas de secado obtenidas con los datos experimentales analizados con el software SPSS y sus parámetros cinéticos.	22
Tabla 4. Composición química de la harina de papaya.	23
Tabla 5. Análisis microbiológico realizado a la harina de papaya.	23
Tabla 6. Formulación de galletas.	24
Tabla 7. Datos experimentales de secado de tiras de papaya, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a 40 °C y velocidad de 1,5 m/s.	38
Tabla 8. Resumen del modelo de regresión lineal (T1 = 40 °C; W1 = 1,5 m/s).	39
Tabla 9. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal (T1 = 40 °C; W1 = 1,5 m/s)	39
Tabla 10. Coeficiente de la ecuación lineal (T1 = 40 °C; W1 = 1,5 m/s).	40
Tabla 11. Resumen del modelo de regresión logarítmica (T1 = 40 °C; W1 = 1,5 m/s)	40
Tabla 12. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión logarítmica (T1 = 40 °C; W1 = 1,5 m/s).	41
Tabla 13. Coeficiente de la ecuación logarítmica (T1 = 40 °C; W1 = 1,5 m/s).	41
Tabla 14. Datos experimentales de secado de tiras de papaya, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a 40 °C y velocidad de 2,5 m/s.	42
Tabla 15. Resumen del modelo de regresión lineal (T1 = 40 °C; W2 = 2,5 m/s).	43
Tabla 16. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal (T1 = 40 °C; W2 = 2,5 m/s).	43

Tabla 17. Coeficiente de la ecuación lineal ($T1 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W2 = 2,5\text{ m/s}$).	44
Tabla 18. Resumen del modelo de regresión exponencial ($T1 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W2 = 2,5\text{ m/s}$).	44
Tabla 19. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión exponencial ($T1 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 2,5\text{ m/s}$).	45
Tabla 20. Coeficiente de la ecuación exponencial ($T1 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W2 = 2,5\text{ m/s}$).	45
Tabla 21. Datos experimentales de secado de tiras de papaya, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y velocidad de $3,5\text{ m/s}$.	46
Tabla 22. Resumen del modelo de regresión lineal ($T1 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W2 = 3,5\text{ m/s}$).	47
Tabla 23. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal ($T1 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W2 = 3,5\text{ m/s}$).	47
Tabla 24. Coeficiente de la ecuación lineal ($T1 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W2 = 3,5\text{ m/s}$).	48
Tabla 25. Resumen del modelo de regresión exponencial ($T1 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W2 = 3,5\text{ m/s}$).	48
Tabla 26. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión exponencial ($T1 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 3,5\text{ m/s}$).	49
Tabla 27. Coeficiente de la ecuación exponencial ($T1 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W2 = 3,5\text{ m/s}$).	49
Tabla 28. Datos experimentales de secado de tiras de papaya, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ y velocidad de $1,5\text{ m/s}$.	50
Tabla 29. Resumen del modelo de regresión lineal ($T1 = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 1,5\text{ m/s}$).	51
Tabla 30. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal ($T1 = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 1,5\text{ m/s}$).	51
Tabla 31. Coeficiente de la ecuación lineal ($T1 = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 1,5\text{ m/s}$).	52
Tabla 32. Resumen del modelo de regresión exponencial ($T1 = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 1,5\text{ m/s}$).	52
Tabla 33. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión exponencial ($T1 = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 1,5\text{ m/s}$).	53
Tabla 34. Coeficiente de la ecuación exponencial ($T1 = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 1,5\text{ m/s}$).	53

Tabla 35. Datos experimentales de secado de tiras de papaya, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a 50 °C y velocidad de 2,5 m/s.	54
Tabla 36. Resumen del modelo de regresión lineal (T1 = 50 °C; W1 = 2,5 m/s).	55
Tabla 37. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal (T1 = 50 °C; W1 = 2,5 m/s).	55
Tabla 38. Coeficiente de la ecuación lineal (T1 = 50 °C; W1 = 2,5 m/s).	56
Tabla 39. Resumen del modelo de regresión exponencial (T1 = 50 °C; W1 = 2,5 m/s).	56
Tabla 40. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión exponencial (T1 = 50 °C; W1 = 2,5 m/s).	57
Tabla 41. Coeficiente de la ecuación exponencial (T1 = 50 °C; W1 = 2,5 m/s).	57
Tabla 42. Datos experimentales de secado de tiras de papaya, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a 50°C y velocidad de 3,5 m/s.	58
Tabla 43. Resumen del modelo de regresión lineal (T1 = 50 °C; W1 = 3,5 m/s).	59
Tabla 44. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal (T1 = 50 °C; W1 = 3,5 m/s).	59
Tabla 45. Coeficiente de la ecuación lineal (T1 = 50 °C; W1 = 3,5 m/s).	59
Tabla 46. Resumen del modelo de regresión exponencial (T1 = 50 °C; W1 = 3,5 m/s).	60
Tabla 47. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión exponencial (T1 = 50 °C; W1 = 3,5 m/s).	60
Tabla 48. Coeficiente de la ecuación exponencial (T1 = 50 °C; W1 = 3,5 m/s).	60
Tabla 49. Datos experimentales de secado de tiras de papaya, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a 60 °C y velocidad de 1,5 m/s.	61
Tabla 50. Resumen del modelo de regresión lineal (T1 = 60 °C; W1 = 1,5 m/s).	62
Tabla 51. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal (T1 = 60 °C; W1 = 1,5 m/s).	62

Tabla 52. Coeficiente de la ecuación lineal ($T1 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 1,5\text{ m/s}$).	62
Tabla 53. Resumen del modelo de regresión exponencial ($T1 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 1,5\text{ m/s}$).	63
Tabla 54. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión exponencial ($T1 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 1,5\text{ m/s}$).	63
Tabla 55. Coeficiente de la ecuación exponencial ($T1 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 1,5\text{ m/s}$).	63
Tabla 56. Datos experimentales de secado de tiras de papaya, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ y velocidad de $2,5\text{ m/s}$.	64
Tabla 57. Resumen del modelo de regresión lineal ($T1 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 2,5\text{ m/s}$).	65
Tabla 58. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal ($T1 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 2,5\text{ m/s}$).	65
Tabla 59. Coeficiente de la ecuación lineal ($T1 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 2,5\text{ m/s}$).	65
Tabla 60. Resumen del modelo de regresión exponencial ($T1 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 2,5\text{ m/s}$).	66
Tabla 61. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión exponencial ($T1 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 2,5\text{ m/s}$).	66
Tabla 62. Coeficiente de la ecuación exponencial ($T1 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 2,5\text{ m/s}$).	66
Tabla 63. Datos experimentales de secado de tiras de papaya, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ y velocidad de $3,5\text{ m/s}$.	67
Tabla 64. Resumen del modelo de regresión lineal ($T1 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 3,5\text{ m/s}$).	68
Tabla 65. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal ($T1 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 3,5\text{ m/s}$).	68
Tabla 66. Coeficiente de la ecuación lineal ($T1 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 3,5\text{ m/s}$).	68
Tabla 67. Resumen del modelo de regresión exponencial ($T1 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 3,5\text{ m/s}$).	69
Tabla 68. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión exponencial ($T1 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 3,5\text{ m/s}$).	69
Tabla 69. Coeficiente de la ecuación logarítmica ($T1 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W1 = 3,5\text{ m/s}$).	69

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Influencia de la velocidad del aire (W) sobre la operación de secado, a temperatura constante. $W_3 > W_2 > W_1$. Fuente: Vernon, 2000.	5
Figura 2. Plan experimental, a cada temperatura se evaluaron tres velocidades del aire de secado.	10
Figura 3. Humedad residual en función del tiempo ($T_1 = 40\text{ °C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$; $W_2 = 2,5\text{ m/s}$; $W_3 = 3,5\text{ m/s}$).	15
Figura 4. Humedad residual en función del tiempo ($T_1 = 50\text{ °C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$; $W_2 = 2,5\text{ m/s}$; $W_3 = 3,5\text{ m/s}$).	17
Figura 5. Humedad residual en función del tiempo ($T_1 = 60\text{ °C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$; $W_2 = 2,5\text{ m/s}$; $W_3 = 3,5\text{ m/s}$).	18
Figura 6. Variación de la humedad con el tiempo en función de la humedad residual promedio ($T_1 = 40\text{ °C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$; $W_2 = 2,5\text{ m/s}$; $W_3 = 3,5\text{ m/s}$).	19
Figura 7. Variación de la humedad con el tiempo en función de la humedad residual promedio ($T_1 = 50\text{ °C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$; $W_2 = 2,5\text{ m/s}$; $W_3 = 3,5\text{ m/s}$).	20
Figura 8. Variación de la humedad con el tiempo en función de la humedad residual promedio ($T_1 = 60\text{ °C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$; $W_2 = 2,5\text{ m/s}$; $W_3 = 3,5\text{ m/s}$).	20
Figura 9. Calificación promedio para galletas.	24
Figura 10. Humedad residual en función del tiempo ($T_1 = 40\text{ °C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$).	39
Figura 11. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS. ($T_1 = 40\text{ °C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$).	40
Figura 12. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS. ($T_1 = 40\text{ °C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$).	41
Figura 13. Humedad residual en función del tiempo ($T_1 = 40\text{ °C}$; $W_1 = 2,5\text{ m/s}$).	43
Figura 14. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.	

(T1 = 40 °C; W2 = 2,5 m/s).	44
Figura 15. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.	
(T1 = 40 °C; W2 = 2,5 m/s).	45
Figura 16. Humedad residual en función del tiempo (T1 = 40 °C; W1 = 3,5 m/s).	47
Figura 17. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.	
(T1 = 40 °C; W2 = 3,5 m/s).	48
Figura 18. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.	
(T1 = 40 °C; W2 = 3,5 m/s).	49
Figura 19. Humedad residual en función del tiempo (T1 = 50 °C; W1 = 1,5 m/s).	51
Figura 20. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.	
(T1 = 50 °C; W1 = 1,5 m/s).	52
Figura 21. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.	
(T1 = 50 °C; W1 = 1,5 m/s).	53
Figura 22. Humedad residual en función del tiempo (T1 = 50 °C; W1 = 2,5 m/s).	55
Figura 23. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.	
(T1 = 50 °C; W1 = 2,5 m/s).	56
Figura 24. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.	
(T1 = 50 °C; W1 = 2,5 m/s).	57
Figura 25. Humedad residual en función del tiempo (T1 = 50 °C; W1 = 3,5 m/s).	58
Figura 26. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.	
(T1 = 50 °C; W1 = 3,5 m/s).	59
Figura 27. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.	
(T1 = 50 °C; W1 = 3,5 m/s).	60
Figura 28. Humedad residual en función del tiempo (T1 = 60 °C; W1 = 1,5 m/s).	61
Figura 29. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.	

(T1 = 60 °C; W1 = 1,5 m/s).	62
Figura 30. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.	
(T1 = 60 °C; W1 = 1,5 m/s).	63
Figura 31. Humedad residual en función del tiempo (T1 = 60 °C; W1 = 2,5 m/s).	64
Figura 32. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.	
(T1 = 60 °C; W1 = 2,5 m/s).	65
Figura 33. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.	
(T1 = 60 °C; W1 = 2,5 m/s).	66
Figura 34. Humedad residual en función del tiempo (T1 = 60 °C; W1 = 3,5 m/s).	67
Figura 35. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.	
(T1 = 60 °C; W1 = 3,5 m/s).	68
Figura 36. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.	
(T1 = 60 °C; W1 = 3,5 m/s).	69

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Secador de bandejas con aire forzado.	33
Fotografía 2. Medición de la temperatura y velocidad del aire.	33
Fotografía 3. Medición del peso cada 5 minutos.	33
Fotografía 4. Selección de la papa madura y fresca.	34
Fotografía 5. Pelado, cortado y retirado de pepas de papaya.	34
Fotografía 6. Distribución de tiras de papaya en la bandeja.	34
Fotografía 7. Analizador automático de humedad ADAM AMB50.	34
Fotografía 8. Inicio del secado de papaya en el secador de bandeja.	35
Fotografía 9. Muestras de papaya seca.	35
Fotografía 10. Comparación de pulpa fresca con pulpa seca a $T=50\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $W= 2,5\text{ m/s}$.	36
Fotografía 11. Molido de la pulpa seca.	36
Fotografía 12. Tamizado de la harina.	36
Fotografía 13. Concentración de azúcares reductores mediante el método de fehling.	37
Fotografía 14. Análisis microbiológico.	37

RESUMEN

En la presente tesis se estudió la influencia de la cinética de secado en la obtención de harina de papaya (*Carica papaya* L.) para uso agroindustrial. En el estudio se determinó que la papaya para secado debe tener un pH promedio de 5,8 y °Brix de 10,1; La pulpa fue cortada en tiras de forma rectangular de 0,7 cm de espesor y colocadas en un secador de bandejas con aire caliente de laboratorio. Se ensayaron tres temperaturas para el aire de secado (40 °C, 50 °C y 60 °C) y tres velocidades del aire: 1,5; 2,5 y 3,5 m/s. Los resultados experimentales indican que la mayor similitud de color de la pulpa seca con la pulpa fresca de papaya y por ende de la harina obtenida, se consiguen trabajando con aire de secado a una temperatura de 50 °C y velocidad de 2,5 m/s; empleando 230 minutos para reducir la humedad de la papaya hasta 9,41 % en base húmeda. Los resultados experimentales se procesaron con SPSS 15.0, para obtener la ecuación representativa de la parte recta y de la curva de la gráfica de humedad residual vs tiempo, Los resultados del análisis fisicoquímico de la harina de papaya determinaron un alto contenido de vitamina C (57 %) y el microbiológico indicó que el producto es inocuo y apto para el consumo humano. La harina de mejor calidad se empleó como sucedánea para la elaboración de galletas teniendo una buena aceptación. Con este trabajo se demuestra que es posible industrializar la papaya y contribuir al fortalecimiento de su cadena productiva, a la disminución del impacto ambiental y a subsanar problemas de alimentación en la población.

Palabras clave: cinética, harina, industrialización

ABSTRACT

In this thesis we studied the influence of the drying kinetics in obtaining flour papaya (*Carica papaya* L.) for agro-industrial use. The study found that the dried papaya should have a pH of 5.8 and average of 10.1 ° Brix; The flesh was cut into rectangular strips of 0.7 cm thick and placed in a tray dryer laboratory hot air. Three temperatures were tested for air-drying (40 ° C, 50 ° C and 60 ° C) and three air speeds: 1.5, 2.5 and 3.5 m / s. The experimental results indicate that the greater similarity in color of the dried pulp with fresh papaya pulp and flour thus obtained, by working through a drying air temperature of 50 ° C and speed of 2.5 m / s , using 230 minutes to reduce the humidity of papaya to 9.41% wet basis. The experimental results were processed using SPSS 15.0, to obtain the equation representing the straight and curve of the graph of residual moisture vs. time results of physicochemical analysis determined papaya meal high in vitamin C (57 %) and microbiological said the product is safe and fit for human consumption. The best quality flour was used as a surrogate for the production of biscuits having a good acceptance. This work demonstrates that papaya can industrialize and help strengthen its supply chain, the reduction of environmental impact and to address issues of power in the population.

Keywords: kinetic, flour, industrialization

I. INTRODUCCIÓN

Han estudiado y modelado el secado por aire caliente de papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*) a diferentes temperaturas (40, 50, 60, 70 y 80 °C) con velocidad de aire de $2,0 \pm 0,2$ m/s. Durante las experiencias observaron los periodos de inducción, velocidad constante y decreciente (Vega y Lemus, 2006).

Para encontrar un modelo para predecir el tiempo de secado de pulpa de mango (*Mangifera indica*) con diferentes condiciones de temperatura, construyeron un secador de laboratorio en el que realizaron pruebas de secado a temperaturas de 55, 60 y 65 °C, con una velocidad del aire constante de 2,0 m/s; (Ocampo, 2006).

Se ensayaron tres temperaturas (40 °C, 50 °C y 60 °C) y tres velocidades de aire: (2,5; 3,0 y 3,5 m/s), para el modelamiento de la cinética de secado de lúcma (*Pouteria lucuma*) Tomándose como tiempo mínimo de secado 120 minutos. Los resultados experimentales indican que la mayor similitud de color de la pulpa seca con la pulpa fresca de lúcuma, y por ende de la harina obtenida, se consiguen trabajando con aire de secado a temperatura de 50 °C y velocidad de 3,5 m/s; (Barrena, 2011).

En la búsqueda bibliográfica realizada no se ha encontrado trabajos para determinar la cinética de secado de papaya, ni información sobre los parámetros de calidad de harina de papaya. Solo existen referencias que se comercializa la fruta fresca, congelada y como jugos, con gran potencial para exportación.

La papaya (*Carica papaya L.*) es la especie del genero *Carica* económicamente más importante de la familia Caricaceae. Esta planta es nativa de Centroamérica y de la costa occidental suramericana, principalmente de los valles húmedos de la cordillera andina. Crece en condiciones cálidas con abundante lluvia o irrigación, en un rango de

latitud desde el nivel del mar hasta 1600 m. Los frutos de la papaya tienen gran aceptación en los mercados nacionales e internacionales (Reyes, 2003).

El cultivo de la papaya se ha extendido a todos los trópicos del mundo desarrollándose con eficacia a temperaturas que oscilan entre 20 y 28 °C. La principal ventaja de su cultivo es su alta precocidad dado que produce al primer año de haber sido sembrada. Su vida puede extenderse hasta los 20 años. Sin embargo, el periodo de mayor rendimiento es hasta los tres años. La planta puede medir entre ocho y diez metros de altura y su fruto presenta un tamaño que oscila entre los 15 y 30 centímetros con un peso que varía entre uno y cinco kilos.

En nuestros días, la papaya se cultiva en distintas partes del mundo, destacando como principales productores: Brasil con un 23,9% del volumen mundial, seguido de México con el 12,2%, India con 11,9%, Nigeria e Indonesia ambos con 11,5%, Etiopía con 3,9%, Congo con 3,3% y Perú con un 2,6%, (CENTRUM, 2011).

La Región Amazonas cuenta con una producción de 9 894.09 Tm y tiene un rendimiento de 20 873.61 kg/ ha; están distribuidas en las diferentes provincias, Bagua, Utcubamba, Condorcanqui y Rodríguez de Mendoza (MINAG, 2010).

El consumo tradicional de la papaya es en forma de fruta fresca y en jugos, algunos productos de su industrialización son los siguientes: obtención de la papaína, extracción de pectina, obtención de esencias, aceites, diversos medicamentos, conservas, miel, mermeladas, néctares, jugos, jalea, confitado, etc. También es utilizada como ablandador de carnes, suavizar chicles, jarabes expectorantes, clarificación de cervezas entre otros. (Avalos C, 2010)

Por ser un fruto susceptible a grandes pérdidas en post cosecha debido a sus características fisiológicas tan particulares, obliga al productor a desarrollar nuevas alternativas para su transformación y conservación. Para tal fin, a nivel industrial se han aplicado diferentes técnicas; tales como la congelación, refrigeración, deshidratación, y actualmente, métodos combinados como la deshidratación osmótica, siendo ésta una tecnología de preservación que reduce las pérdidas post cosecha y proporciona una opción para transformarla, utilizando materiales muy comerciales y de fácil acceso, para así, disminuir las pérdidas y aumentar los ingresos en la cadena productiva.

El principal objetivo del secado es reducir la humedad a niveles tales que no se produzca descomposición durante la manipulación y almacenamiento posterior de los productos agrícolas; para ello, se hace circular aire con capacidad para extraer agua de la materia, en consecuencia la capacidad de extracción de agua del aire esta en relación a su humedad relativa (Giambastiani y Rubiolo, 2002)

A continuación se definen los términos empleados para describir el contenido de humedad de las sustancias (Ocón y Tojo, 1980; Perry y Chilton, 1982 y Geankoplis, 1993).

Contenido de humedad en base seca, es la que expresa la humedad de un material como porcentaje del peso de sólido seco. Se define como:

$$Y_s = [(masa \text{ sólido a secar} - masa \text{ sólido seco}) / masa \text{ sólido seco}] \times 100$$

Contenido de humedad en equilibrio (Y_{eq}), es la humedad límite a la cual un material dado se puede secar, en condiciones específicas de temperatura y humedad del aire.

Contenido crítico de humedad (Yc), es el contenido de humedad promedio cuando concluye el periodo de velocidad constante.

Contenido de humedad libre (Yl) o humedad residual (Yr), es el líquido que se puede separar a una temperatura y humedad dadas. Este valor llega a incluir tanto la humedad ocluida como la no ocluida (retenida). Si **m** es el peso del sólido húmedo (agua más sólido seco) en kg, y **S** es el peso del sólido seco en kg: $Yr = (m - S) / S$.

Periodo de velocidad constante, es el tiempo de secado durante el cual la velocidad de eliminación de agua por unidad de superficie es constante o uniforme.

Periodo de velocidad decreciente, es el tiempo de secado durante el cual la velocidad instantánea de secado disminuye en forma continua.

Para reducir el contenido de humedad de diversos materiales, se debe evaluar experimentalmente las diferentes condiciones de velocidad y temperatura del aire empleado, y el tiempo requerido para lograr el grado de secado deseado. Las mediciones de velocidad del secado por lotes se obtienen a partir de datos experimentales y proporcionan mucha información para la operación por lotes y también para la continua (Ocón y Tojo, 1980).

Usando los valores de **Yr** calculados se hace una gráfica del contenido de humedad residual en función del tiempo (Figura 1). Para obtener la curva de velocidad de secado se calcula $-dY/dt$ para distintos contenidos de humedad (Figura 1) (Ocón y Tojo, 1980; Instruction Manual, 1997).

La velocidad del aire de secado (W) influye sobre esta operación. A mayor velocidad, menor tiempo de secado; sin embargo, para una muestra dada, a cualquier velocidad del aire, manteniendo su temperatura constante, la humedad crítica (Y_c) y la humedad de equilibrio (Y_{eq}) no variarán (Vernon, 2000).

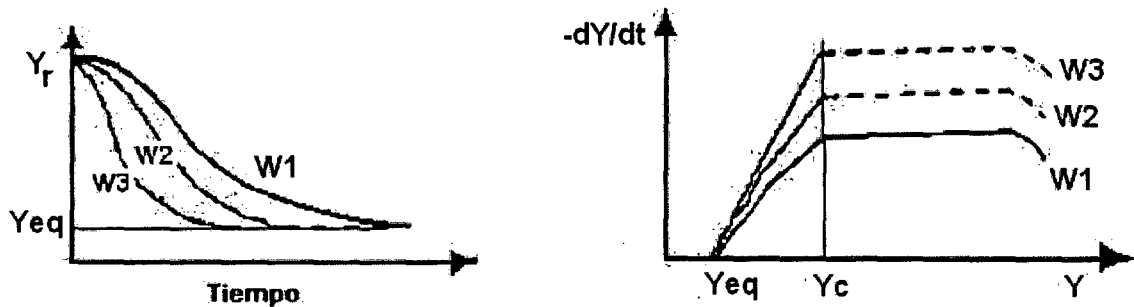


Figura 1. Influencia de la velocidad del aire (W) sobre la operación de secado, a temperatura constante. $W_3 > W_2 > W_1$. Fuente: Vernon, 2000.

Un secador de bandejas es un equipo totalmente cerrado y aislado en el cual los sólidos se colocan sobre bandejas perforadas o de malla metálica. La transmisión de calor es directa del aire a los sólidos, utilizando la circulación de grandes volúmenes de aire caliente (Perry y Chilton, 1982).

El funcionamiento satisfactorio de los secadores de bandejas depende de mantener una temperatura constante y una velocidad de aire uniforme sobre todo el material que se esté secando. Conviene tener una circulación de aire con velocidades de 1 a 10 m/s para mejorar el coeficiente de transferencia de calor en la superficie y con el propósito de eliminar bolsas de aire estancado (Vernon, 2000 y Perry y Chilton, 1982).

Los mercados cada vez más competitivos, la consolidación creciente de la industria, la demanda de normas de seguridad más estrictas en los procesos de producción y el conocimiento cada vez más amplio de la transmisión de enfermedades a través de alimentos, han determinado que un gran número de industrias del sector

alimentario consideren la necesidad de optar por planes que ofrezcan una continua mejora tanto en la fabricación y la elaboración de los alimentos, como en el someter sus productos a ciertas pruebas o estudios encaminados a evaluar su inocuidad y su calidad, lo cual se consigue proporcionando análisis de laboratorio más rápidos, fiables y coherentes, como también mejorando la productividad y rentabilidad de la línea de producción. Consecuentemente con esta necesidad, se han puesto a punto muchas técnicas para el examen microbiológico de los alimentos, estos métodos empleados para controlar la calidad son en sí mismos muy variados y dependientes, en gran parte, del alimento que va a ser analizado.

La presencia de microorganismos en los alimentos no representa necesariamente un peligro para el consumidor o una calidad inferior en estos productos, más si se tiene en cuenta que la gran mayoría contiene naturalmente levaduras, mohos, bacterias y otros microorganismos inocuos. La mayor parte de los alimentos se convierten en potencialmente peligrosos solo después de que se han violado los principios de higiene, limpieza y desinfección. La puesta en evidencia de estos riesgos se basa en el examen de muestras de alimentos en busca de los propios agentes causales o indicadores de una contaminación no admisible. (ICMSF, 2000)

El análisis microbiológico en la industria de alimentos se constituye en una herramienta básica para el control de materias primas, procesos, productos y manipuladores, ya que permite establecer el valor grado de contaminación biológica de estos, por esta razón el control microbiológico es parte fundamental en todo el proceso (Carrascal, et al., 2003)

Los principales objetivos del análisis microbiológico son:

1. Asegurar que el alimento cumpla con las normas estatutarias.

2. Que se ajuste a normas internas establecidas por la empresa que los procesa y a las que exija el comprador.
 3. Que las materias alimenticias que llegan a la planta para ser procesadas cumplan las normas exigidas y pactadas con el productor.
 4. Que se mantenga el control del proceso y la higiene de la línea de fabricación.
- (Hayes, 1993).

Los métodos de examen microbiológico utilizados para controlar la calidad del alimento son en sí mismos muy variados y dependientes, en gran parte del alimento que va a ser analizado.

El desarrollo de la investigación ha traído consigo el interés de aplicar los mejores métodos de conservación y/o transformación con el objetivo de preservar las bondades del alimento, para lograr que la calidad inicial no se vea mayormente afectada.

Se determinó la influencia de la cinética de secado de papaya a tres velocidades del aire de secado paralelo a la muestra, a tres temperaturas diferentes, y determinar su efecto sobre la conservación del color de la pulpa de papaya seca similar a la fresca. Para ello se seleccionó como temperaturas de trabajo del aire de 40, 50 y 60 °C y las velocidades del aire de secado de 1,5; 2,5 y 3,5 m/s.

La papaya, fruta de consumo popular es un alimento de importancia, no sólo por sus características sensoriales sino también por las bondades nutricionales que posee, color anaranjado indicador de su enorme riqueza en beta carotenos; cargada de nutrientes, incluyendo vitamina A, vitamina C, complejo B, potasio, magnesio, fibra, ácido fólico y pequeñas cantidades de calcio y Hierro, elementos que hacen de esta fruta una envidiable medicina natural, (Avalos C. 2010)

La papaya es una fruta susceptible al deterioro lo que tiene a acortar el tiempo de vida útil, por lo que se hace necesario buscar alternativas de transformación de tal modo que se obtengan productos estables con el tiempo y que puedan estar a disposición durante todas las épocas del año.

Teniendo en cuenta las nuevas tendencias de consumo y comercio de alimentos y la alta producción de esta, se hace evidente la necesidad de desarrollar nuevas alternativas de uso y diversificación de los productos a ofrecer en el mercado, En este sentido el secado para la obtención de harina de papaya para uso agroindustrial representa una alternativa viable para conseguir productos de alto valor comercial, debido a: reducción del peso, facilidad de conservación, calidad del producto en general y por la diversidad en su uso. Como la preparación de helados, yogurt, saborizantes de alimentos y en la panificación como sucedáneas para la obtención de diferentes productos.

Los resultados experimentales se analizaron con el software SPSS 15.0 para Windows, con la finalidad de obtener las ecuaciones correspondientes a la parte recta y a la parte curva de las gráficas de los resultados experimentales. Esas ecuaciones se constituyen en el modelo matemático de la cinética del secado de papaya a cada una de las temperaturas y velocidades del aire de secado ensayadas.

El presente trabajo tiene por objetivo obtener e industrializar harina de papaya cultivado en la Región Amazonas, de tal forma que se contribuya al fortalecimiento de su cadena productiva, a la disminución del impacto ambiental y a subsanar problemas de alimentación en la población.

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Materia Prima e Insumos

Se utilizó frutos maduros de Papaya (*Carica papaya L.*), proveniente del Distrito de Bagua, Provincia de Utcubamba, Región Amazonas. La cual fue seleccionada por sus características organolépticas ideales para la investigación.

2.2. Material y Equipos

- Cronómetro
- Termómetro de digital
- pH-metro
- Balanza electrónica
- Balanza de triple brazo
- Selladora eléctrica de, 50 cm
- Refractómetro
- Secador de bandejas
- Estufa
- Anemómetro digital
- Medidor de Humedad
- Equipo de análisis de proteína
- Mufla
- Tamizador

Equipo experimental

El equipo de laboratorio consta de un soplador, cuya velocidad puede ser controlada para producir un rango de velocidades de aire arriba de 1,5 m/s en el ducto del aire, ambos montados en una estructura a una altura confortable para tener condiciones de trabajo adecuadas (Anexo 1).

El aire se calienta por medio de cuatro resistencias eléctricas instaladas en el ducto y activadas por un regulador electrónico de temperatura, que permite calentar el aire hasta un máximo de 80°C. El aire pasa por el ducto y llega a una cabina que tiene 3 bandejas sobre las que se coloca el material a secar, soportadas en una estructura que permite el paso de la corriente de aire en flujo paralelo. Las

bandejas son colocadas o retiradas de la cabina a través de una puerta lateral que tiene un vidrio para poder visualizarlas desde el exterior. El soporte de las bandejas cuelga de una balanza que permite medir la masa en cualquier momento durante el secado.

Después de pasar por las bandejas, el aire es descargado a la atmósfera, en este punto se mide la velocidad del aire con un anemómetro digital. La temperatura de bulbo seco se mide con un termómetro que se coloca sobre la puerta de la cabina.

2.3. Procedimiento experimental

2.3.1. Cinética de secado de papaya

En el trabajo de investigación se emplearon tres temperaturas (40 °C, 50 °C y 60 °C) del aire de secado con las siguientes velocidades del aire: 1,5 m/s, 2,5 m/s y 3,5 m/s. Al inicio de cada corrida experimental se verificó la temperatura y la velocidad del aire de acuerdo a lo planificado para esta investigación. Enseguida se pesó el soporte junto con las tres bandejas metálica (SB). Para cada par temperatura – velocidad del aire, se realizaron pruebas por triplicado. (Anexo 1)

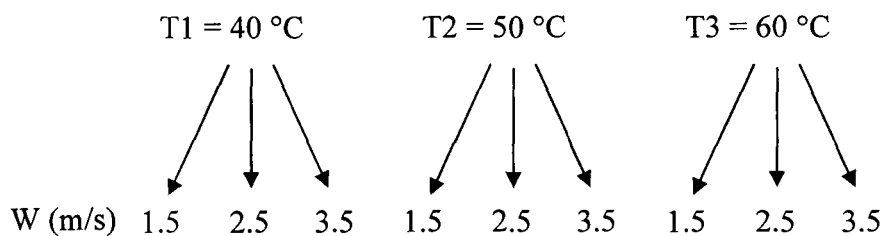


Figura 2. Plan experimental, a cada temperatura se evaluaron tres velocidades del aire de secado.

2.3.2. Selección y acondicionamiento de la materia prima

Se utilizó frutos de papaya de tamaño y color uniforme en su estado de madurez fisiológica, se realizó el lavado y desinfectado, se pelaron y se extrajeron las pepas manualmente, se realizaron medidas de pH, °Brix y humedad, la pulpa fue cortada en tiras de forma rectangular de 1.5 cm de ancho x 5 cm de largo x 7 ml. de espesor y se colocaron ordenadamente sobre cada una de las bandejas de malla metálica del secador de bandejas con flujo de aire caliente. (Anexo 2).

Para secar la pulpa de papaya se empleó una corriente de aire forzado por un soplador de velocidad regulable que permitió fijar cada una de las velocidades de trabajo (1,5; 2,5 y 3,5 m/s) las que se midieron con un anemómetro digital en la boca de salida del aire después de haber pasado por la cámara de secado. El aire pasó a través de un ducto que tiene cuatro resistencias eléctricas de 1500 W cada una, donde se calentó hasta temperaturas de (40, 50 y 60 °C), la que se midió en la cámara de secado, se reguló y estabilizó mediante un termostato. El aire caliente ingresó inmediatamente a la cámara de secado que contenía las bandejas de malla metálica con las tiras de pulpa de papaya. El soporte de las bandejas se colgó de una balanza de triple brazo ubicada sobre la cámara de secado, con la cual se midió la masa del conjunto (soporte, bandejas y tiras de pulpa de papaya) cada 5 minutos (P1), desde el inicio de la operación de secado (tiempo cero) hasta el final (430 minutos como máximo), tiempo en el cual se habrá reducido la humedad de tiras de papaya hasta su humedad de equilibrio. Al final de este tiempo, las tiras de papaya de las bandejas se colocaron en la estufa a 85 °C, en cajas de papel aluminio, para secarlas

hasta peso constante, para determinar el peso seco de la harina de papaya (S). Los datos experimentales se registraron y procesaron como se muestra en las Tablas de la sección de resultados (Anexo 6,7, 8).

Se sacó la muestra seca de la estufa y se procedió a moler en un molino manual reduciendo a partes pequeñas obteniendo la harina de papaya, luego se tamizó en el tamiz del laboratorio y se realizó el análisis granulométrico, se procedió al envasado en bolsas de polietileno de alta densidad de 250g y se almacenó en ambientes secos. La harina de mejor calidad organoléptica y granulométrica sirvió para realizar el análisis fisicoquímico, microbiológico y sensorial.

2.3.3. Análisis Fisicoquímico de la harina de papaya

A la harina obtenida se realizó los siguientes análisis: (Anexo 9)

- pH utilizando el pH-metro microprocesador Q400MT,
- °Brix, realizando la lectura con el refractómetro portátil.
- Concentración de azúcares reductores mediante el método de fehling.
- Proteínas con el equipo Analizador de proteína de laboratorio.
- Cenizas utilizando la mufla.
- Vitamina C, mediante la determinación de ácido-ascórbico por titulación visual con diclorofenolindofenol.

2.3.4. Análisis Microbiológico

Se realizó el análisis de la muestra de harina de papaya, producto del experimento de cinética de secado. El tamaño de muestra se determinó por muestreo no probabilístico. A la muestra analizada (harina de papaya) se le realizó el recuento en placa en profundidad de Enterobacterias, recuento en

superficie de Salmonella-Shigella y Mohos/Levaduras de acuerdo con las metodologías descritas por las entidades de regulación nacional. (Anexo 10)

2.3.5. Análisis sensorial

La harina de mejor calidad organoléptica, fisicoquímica y microbiológico se empleó como sucedáneo para la elaboración de galletas que se elaboró en una panadería de la localidad, se procedió a la degustación de las galletas por un panel de 15 jueces semi-entrenados utilizando la escala hedónica (Anexo 11), determinándose los siguientes caracteres organolépticos.

- Color : característico a la fruta.
- Sabor : característico a la fruta.
- Olor : a papaya
- Aspecto: limpio agradable

2.3.6. Análisis estadístico

Se tomó como base los resultados experimentales de la determinación de la cinética de secado de papaya, los cuales fueron procesados con el software estadístico SPSS 15.0 para Windows, para obtener las ecuaciones correspondientes a la parte lineal y no lineal de cada una de las curvas de secado (humedad residual vs tiempo). El software SPSS permitió determinar la ecuación correspondiente a la parte lineal y no lineal (curva logarítmica o exponencial). Las ecuaciones constituyeron en el modelo matemático de la cinética de secado de papaya para cada temperatura y velocidad del aire de secado experimentado.

III. RESULTADOS

3.1. Características de la papaya

La fruta madura de papaya (*Carica papaya L.*) en promedio peso 1.8 kg, tamaño de 28.3 cm y 24.6 cm de diámetro en la parte central, (Anexo 1). El rendimiento promedio fue de 62.72 % de pulpa, 11.61 % de pepas y 25.67 % de cáscara. Los análisis de la pulpa se reporta en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis fisicoquímico de pulpa fresca de papaya

Análisis fisicoquímico	Resultado
Humedad (%)	90,59
pH	5,8
°Brix	10,1

3.2. Cinética de secado de papaya

El peso de las tiras de papaya cada 5 minutos (t) se calculó con la siguiente fórmula: $P_2 = P_1 - SB$

Para calcular la humedad residual de las tiras de papaya cada 5 minutos se empleó la siguiente fórmula: $Y = (P_2 - S)/S$

La variación de la humedad con el tiempo ($-dY/dt$) se calculó con la siguiente fórmula: $-dY/dt = (Y_i - Y_{i+1})/(t_i - t_{i+1})$

Para calcular la humedad residual promedio (Y_m) se empleó la siguiente fórmula: $Y_m = (Y_i + Y_{i+1})/2$

Los resultados experimentales de las repeticiones realizadas para cada temperatura-velocidad del aire de secado mostraban la misma tendencia por lo que se consideraron únicamente como una confirmación. Los resultados de las corridas

experimentales de secado de tiras de pulpa de papaya seca realizadas con aire a 40 °C y velocidades de 1,5, 2,5 y 3,5 m/s se muestran en la Figura 3 (datos experimentales en el Anexo 6); donde se aprecia que la humedad crítica (Y_c) fue 0,43 g agua/g papaya seca y la humedad de equilibrio (Y_{eq}) fue 0,05 g agua/g papaya seca, valores que no variaron a pesar de haber empleado diferentes velocidades del aire de secado, manteniendo constante la temperatura. El tiempo crítico (t_c) de secado disminuyó conforme aumentó la velocidad del aire de secado.

Los valores de humedad de la pulpa de papaya al inicio fueron similares. Se presentan las curvas en una sola figura para visualizar la diferencia entre ellas y que la humedad crítica y la humedad de equilibrio se mantienen constantes pero el tiempo crítico va disminuyendo al aumentar la velocidad de secado.

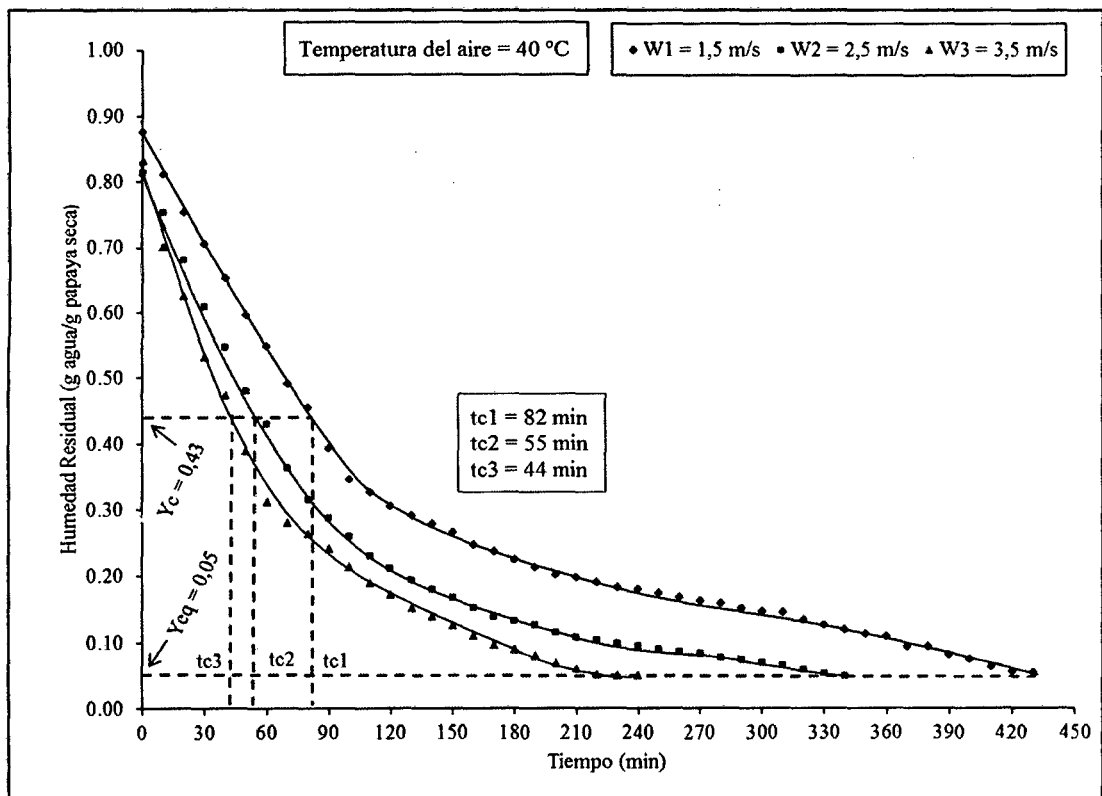


Figura 3. Humedad residual en función del tiempo ($T_1 = 40$ °C; $W_1 = 1,5$ m/s; $W_2 = 2,5$ m/s; $W_3 = 3,5$ m/s)

Los resultados de las corridas experimentales de secado de papaya realizadas con aire a 50 °C y velocidad de 2,5 m/s se muestran en la Tabla 2; y en la Figura 4 los resultados obtenidos a las tres velocidades ensayadas (Anexo 7), donde se aprecia la misma tendencia que en la Figura 3, pero la humedad crítica Y_c fue 0,46 g agua/g papaya seca y la humedad de equilibrio Y_{eq} fue 0,05 g agua/g papaya seca.

Tabla 2. Datos experimentales de secado de papaya, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a 50°C y velocidad de 2,5 m/s (SB = 748,1 g S = 228,31 g).

	t	P1	P2 = P1-SB	(P2-S)/S		
N°	Tiempo (min)	Peso bandejas + papaya al tiempo t (g)	Peso papaya al tiempo t (g)	Humedad residual (g agua/g papaya seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/g papaya seca)
1	0	1173.30	425.20	0.86	0.009	0.820
2	10	1153.80	405.70	0.78	0.006	0.748
3	20	1140.60	392.50	0.72	0.010	0.669
4	30	1117.60	369.50	0.62	0.010	0.566
5	40	1093.80	345.70	0.51	0.009	0.471
6	50	1074.30	326.20	0.43	0.006	0.396
7	60	1059.50	311.40	0.36	0.004	0.343
8	70	1050.10	302.00	0.32	0.006	0.293
9	80	1036.40	288.30	0.26	0.003	0.247
10	90	1029.40	281.30	0.23	0.004	0.214
11	100	1021.10	273.00	0.20	0.003	0.182
12	110	1014.70	266.60	0.17	0.003	0.154
13	120	1008.60	260.50	0.14	0.002	0.130
14	130	1003.80	255.70	0.12	0.002	0.112
15	140	1000.00	251.90	0.10	0.001	0.097
16	150	996.90	248.80	0.09	0.001	0.084
17	160	994.20	246.10	0.08	0.000	0.076
18	170	993.20	245.10	0.07	0.000	0.071
19	180	992.20	244.10	0.07	0.001	0.067
20	190	991.00	242.90	0.06	0.000	0.062
21	200	990.10	242.00	0.06	0.000	0.058
22	210	989.00	240.90	0.06	0.000	0.053
23	220	988.10	240.00	0.05	0.000	0.049
24	230	987.20	239.10	0.05	0.005	0.024

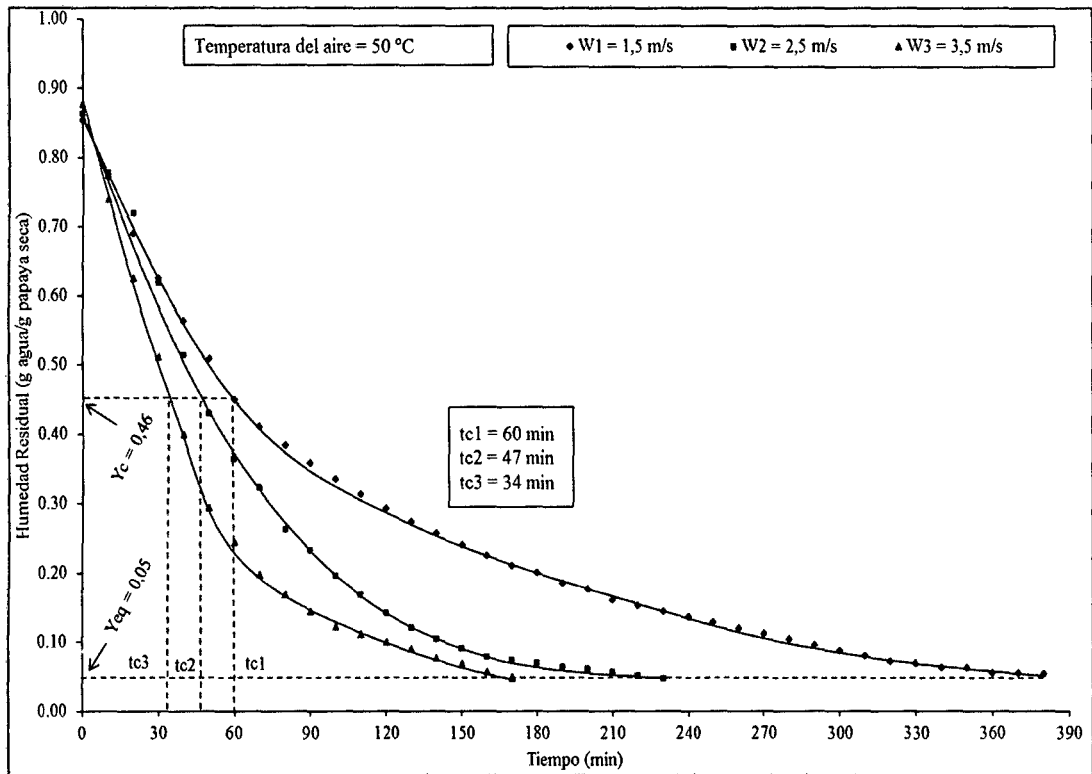


Figura 4. Humedad residual en función del tiempo ($T_1 = 50\text{ }^\circ\text{C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$;
 $W_2 = 2,5\text{ m/s}$; $W_3 = 3,5\text{ m/s}$)

Los resultados de las corridas experimentales de secado de tiras de papaya con aire a $60\text{ }^\circ\text{C}$ y velocidades de $1,5$, $2,5$ y $3,5\text{ m/s}$ se muestran en la Figura 5 (Anexo 8); donde se aprecia que la humedad crítica Y_c fue $0,48\text{ g agua/g papaya seca}$ y la humedad de equilibrio Y_{eq} fue $0,05\text{ g agua/g papaya seca}$, valores que se mantuvieron constantes a pesar de haber empleado diferentes velocidades del aire de secado. El tiempo crítico mantuvo la misma tendencia que en las Figuras 3 y 4.

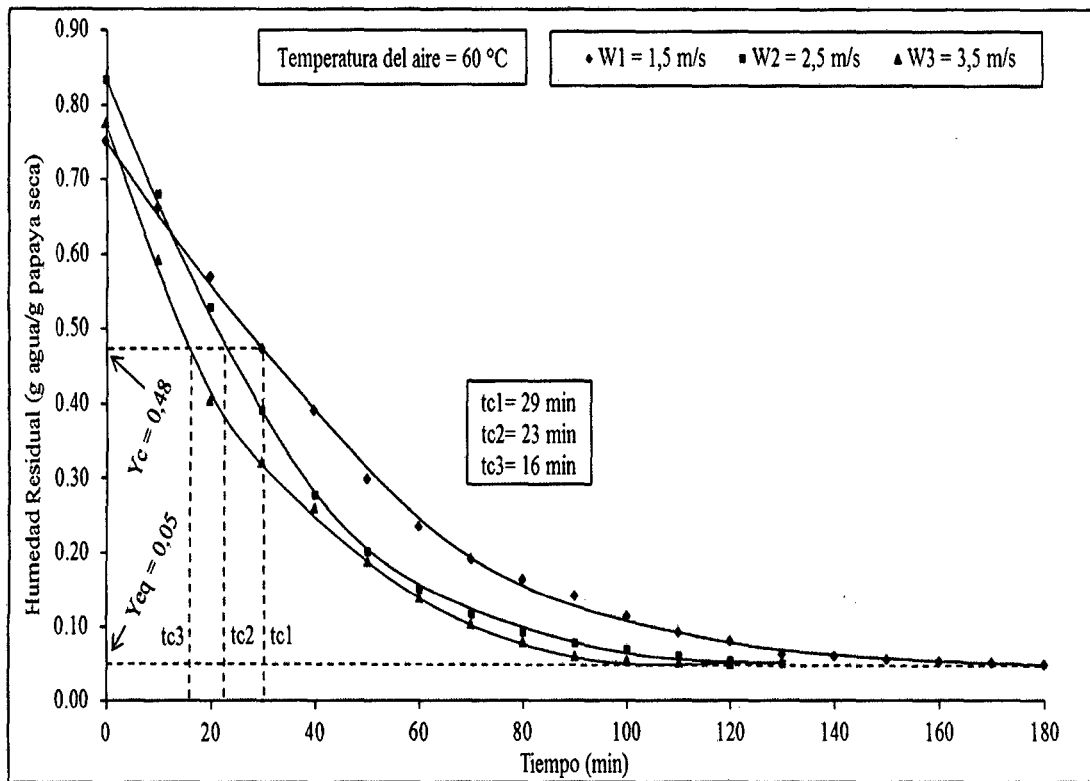


Figura 5. Humedad residual en función del tiempo ($T_1 = 60\text{ °C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$;

$W_2 = 2,5\text{ m/s}$; $W_3 = 3,5\text{ m/s}$)

Las bandejas con tiras de papaya al poner al secador se encontraron a temperatura ambiente inferior de la cámara del secador de bandejas que estaba acondicionada de acuerdo a las temperaturas y velocidades de estudio; debido a ello, los datos iniciales tienden a generar una curva por lo que se deprecian, los siguientes datos recién se ajustan a una recta y son los que interesan. A esta primera etapa del secado se le denomina período de inducción donde se produce un calentamiento del producto, adaptándose el material a las condiciones del secado y dado que su duración es muy corta con respecto al tiempo total de secado, no se toma en cuenta para el diseño de secadores industriales (Ibarz, et al., 2000). La característica que muestran las curvas de secado, cuando se grafica la humedad residual vs tiempo, es una sección recta que corresponde a la etapa de secado a velocidad constante y una sección curva que corresponde a la etapa de secado a

velocidad decreciente. Cuando termina la sección recta y se inicia la curva, se lee en la gráfica el tiempo crítico (t_c) y la humedad crítica (Y_c). Al final la curva tiene un comportamiento asintótico con el eje de las abscisas (tiempo) y permite leer en la gráfica la humedad de equilibrio (Y_{eq}).

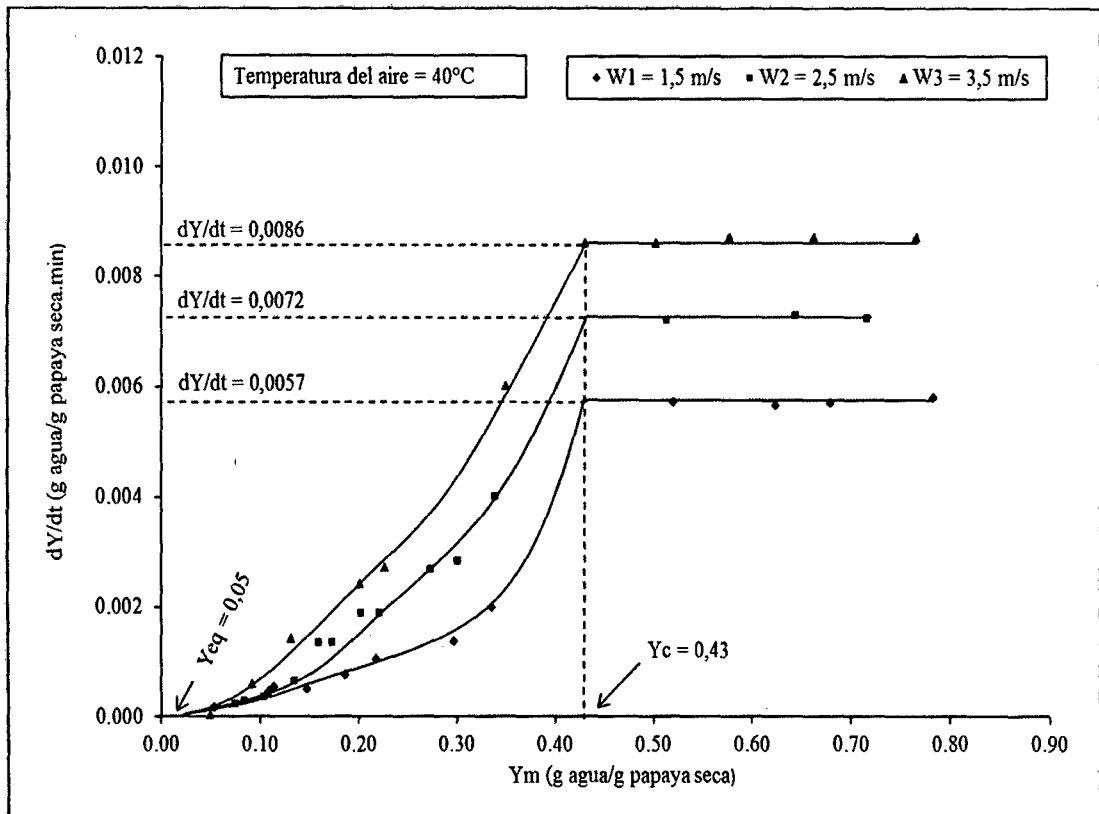


Figura 6. Variación de la humedad con el tiempo en función de la humedad residual promedio ($T_1 = 40\text{ }^\circ\text{C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$; $W_2 = 2,5\text{ m/s}$; $W_3 = 3,5\text{ m/s}$)

Las Figuras 6, 7 y 8 corresponden a las gráficas de velocidad de secado (dY/dT) vs humedad residual promedio (Y_m), para cada una de las temperaturas ensayadas. Se observa que el aumentar la velocidad del aire de secado, manteniendo la temperatura constante, se logra un incremento de la velocidad de secado, tal como se muestra en las Figura 6, 7 y 8; traduciéndose en la reducción del tiempo de secado.

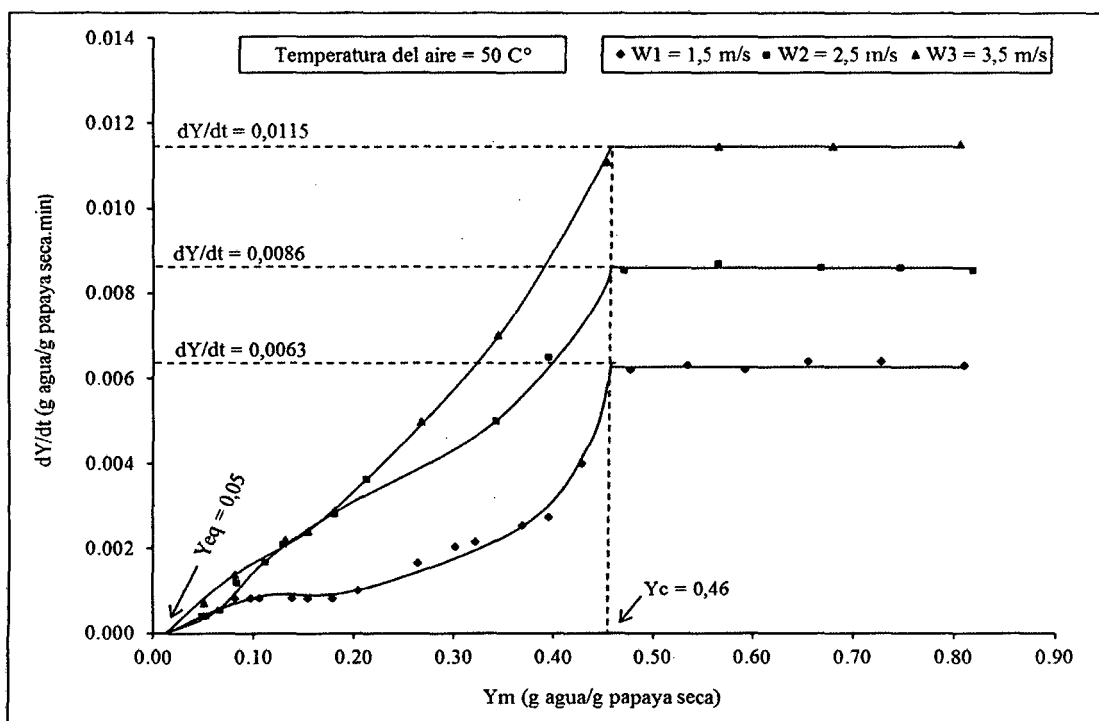


Figura 7. Variación de la humedad con el tiempo en función de la humedad residual promedio ($T_1 = 50\text{ }^\circ\text{C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$; $W_2 = 2,5\text{ m/s}$; $W_3 = 3,5\text{ m/s}$)

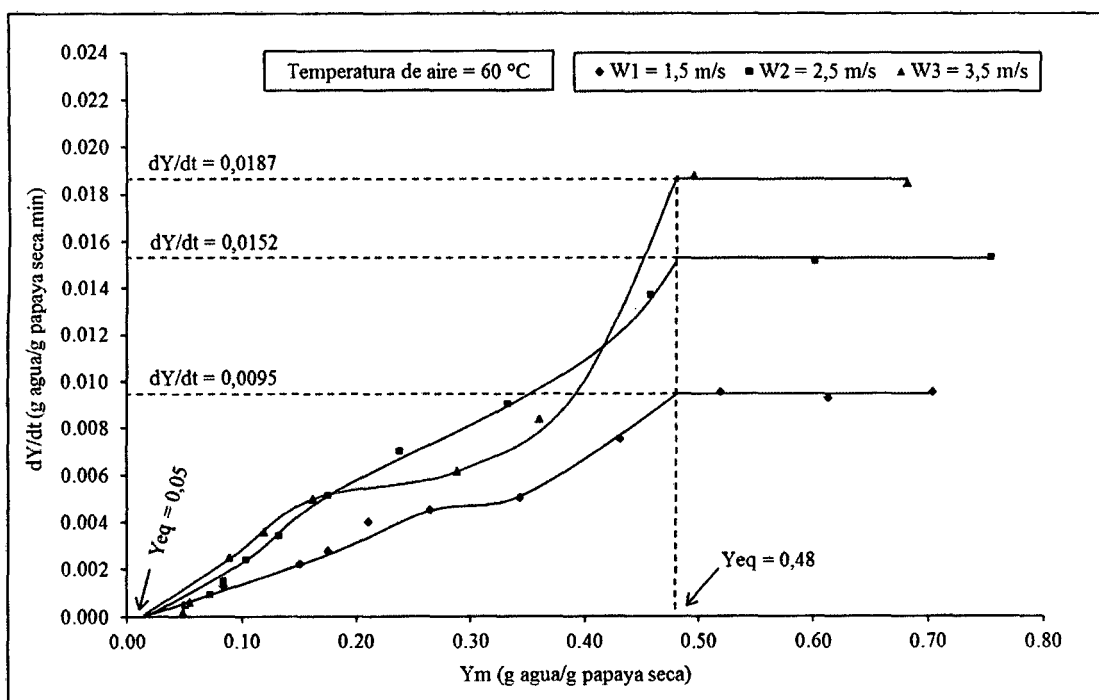


Figura 8. Variación de la humedad con el tiempo en función de la humedad residual promedio ($T_1 = 60\text{ }^\circ\text{C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$; $W_2 = 2,5\text{ m/s}$; $W_3 = 3,5\text{ m/s}$)

La pulpa de papaya seca presentaba diferentes colores variando de acuerdo a las temperaturas y velocidades de estudio, la selección de la muestra más adecuada se realizó por la comparación de pulpa de papaya fresca con la pulpa de papaya seca de igual similitud de color. Por lo que no fue necesario hacer medición del color, la harina para uso agroindustrial, se debe trabajar con aire de secado a una temperatura de 50 °C y velocidad de 2,5 m/s; con estas condiciones del aire, el tiempo crítico de secado fue de 47 minutos (Figura 4), la humedad crítica Y_c de 0,46 g agua/g papaya seca, la humedad de equilibrio Y_{eq} de 0,05 g agua/g papaya seca y la velocidad de secado fue de 0,0086 g agua/g papaya seca.minuto (Figura 7); estos son los parámetros cinéticos que se pueden emplear para diseñar un secador de bandejas para secar papaya para obtener harina para uso agroindustrial. La humedad inicial promedio de la papaya en base húmeda fue de 90.59 %; a estas condiciones se secado, en 230 minutos se reducirá esta humedad hasta 9,41 % en base húmeda, para facilitar su molienda y empaque seguro como harina de papaya.

3.3. Modelo matemático de la cinética de secado de papaya

Los resultados obtenidos del secado de papaya a diferentes temperaturas y velocidad de aire fueron procesados en el software estadístico SPSS 15.0 para Windows., para obtener las ecuaciones correspondientes a la parte lineal con su respectiva ecuación y la parte no lineal con su respectiva ecuación, de cada una de las curvas de secado, siendo estas logarítmicas y exponenciales de acuerdo a la tendencia de los valores registrados en un plano cartesiano (X, Y), las ecuaciones correspondientes se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Ecuaciones correspondientes a la parte recta y a la parte curva de cada una de las gráficas de secado obtenidas con los datos experimentales analizados con el software SPSS y sus parámetros cinéticos (Anexo 7)

Temperatura del aire (°C)	Velocidad del aire (m/s)	Ecuación de la parte recta	R ²	Tiempo crítico (min)	Humedad crítica (g agua/g lúcumá seca)	Ecuación de la parte logarítmica	R ²	Humedad de equilibrio (g agua/g lúcumá seca)
40	1,5	$Y = -0,007X + 0,834$	0,992	82	0,43	$Y = -0,302 \ln(X) + 1,954$	0,965	0,05
	2,5	$Y = 0,006X + 0,810$	0,999	55		$Y = 0,479e^{(-0,007X)}$	0,978	
	3,5	$Y = -0,009X + 0,808$	0,983	44		$Y = 0,632e^{(-0,011X)}$	0,995	
50	1,5	$Y = -0,007X + 0,834$	0,992	60	0,46	$Y = 0,680e^{(-0,007X)}$	0,996	0,05
	2,5	$Y = -0,009X + 0,870$	0,988	47		$Y = 0,681e^{(-0,012X)}$	0,967	
	3,5	$Y = -0,012X + 0,872$	0,997	34		$Y = 0,599e^{(-0,015X)}$	0,983	
60	1,5	$Y = -0,009X + 0,752$	0,999	29	0,48	$Y = 0,569e^{(-0,015X)}$	0,949	0,05
	2,5	$Y = -0,015X + 0,830$	1,00	23		$Y = 0,576e^{(-0,021X)}$	0,958	
	3,5	$Y = -0,018X + 0,770$	1,00	16		$Y = 0,595e^{(-0,023X)}$	0,962	

3.4. Análisis fisicoquímico

En la Tabla 4, se muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a la harina de papaya, se observa que tiene una composición nutricional bastante importante en cuanto a vitamina C y proteínas.

Tabla 4. Composición química de la harina de papaya

Análisis fisicoquímico	Resultado
pH	5,31
°Brix	13,6
Proteínas (%)	8,55
Cenizas (%)	18
Humedad (%)	9,41
Vitamina C (%)	57

3.5. Análisis microbiológico

En la Tabla 5 se muestra los resultados del análisis microbiológico en la cual se observa que, a nivel microbiológico, la harina es inocua y apta para el consumo humano.

Tabla 5. Análisis microbiológico realizado a la harina de papaya

Agente microbiano	Nº de colonias	U.F.C. / g	Límite por g	
			Mínimo	Máximo
Enterobacterias	-	-	10	5×10^2
Salmonella	-	-	Ausencia	-----
Shigella	-	-	-----	-----
Levaduras	92	9.2×10^5	10^2	10^3
Mohos	-	-	10^2	10^3

U.F.C. Unidad Formadora de Colonias.

3.6. Análisis sensorial

En la Tabla 6 se muestra la formulación de harinas para las galletas, esta formulación se establecieron teniendo en cuenta estudios similares y el criterio de los autores.

Tabla 6. Formulación de galletas

Materia prima	Formulación 1	Formulación 2
Harina de trigo	100 %	80 %
Harina de papaya	0 %	20 %

En la Figura 9, se observan las calificaciones dadas por los jueces a cada una de las muestras analizadas de galletas, con una escala hedónica de uno a cuatro. La formulación 2, fue la mejor calificación, es decir la que genero mayor satisfacción en los panelistas.

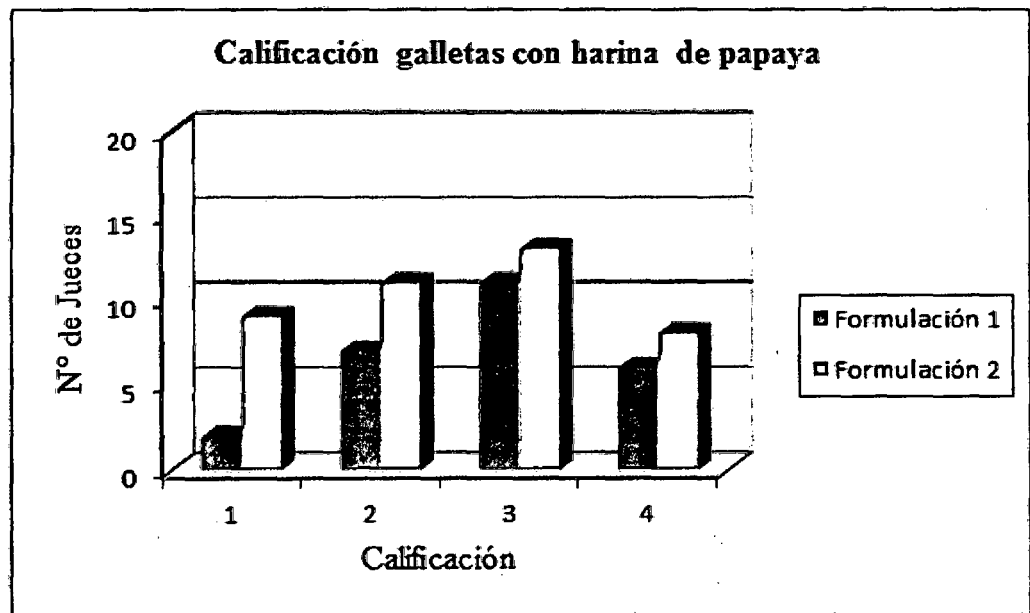


Figura 9. Calificación promedio para galletas

IV. DISCUSIÓN

En la investigación se eligió frutos maduros de papaya, por las características organolépticas ideales para la investigación esto se puede contrastar con lo descrito por (Vásquez, 2005). En la deshidratación de la papaya la selección del fruto es un factor crítico porque si la papaya es inmadura el producto final quedará con un sabor amargo, si por el contrario es sobremaduro, el producto final tendrá un sabor a fermentado y una coloración roja opaca (manchas oscuras). El punto de madurez apropiado es cuando la mayor parte de la concha es amarilla.

Se observa que a temperatura de 50 °C y una velocidad de aire de 2,5 m/s se necesita 3,8 horas de operación para alcanzar una humedad final de 9,41% (BH) de pulpa seca de 7 ml. de espesor de papaya para obtener harina para uso agroindustrial, es similar a lo reportado (Carranza, 2002), quien refiere que el tiempo de secado de plátano con un espesor de 3 mm , para disminuir a una humedad final de 11,46 % con una velocidad de aire promedio de 7,45 m/s y temperatura de 50 °C, se necesita 2,67 horas de tiempo de secado, deduciendo que a menor espesor de muestra menor es el tiempo de secado.

Las curvas de velocidad de secado de pulpa de papaya en función de la humedad de secado, se desarrollaron en su gran trayectoria en el periodo de velocidad decreciente, confirmado por (Ortiz, 2003), donde concluye que el secado de plátano se desarrolla principalmente en el periodo de velocidad decreciente, como es el caso común de todas las frutas, también (Vega y Lemus, 2006), a diferentes temperaturas (40, 50, 60, 70 y 80 °C) con velocidad de aire de $2,0 \pm 0,2$ m/s. Durante las experiencias observaron los periodos de inducción, velocidad constante y decreciente.

En la Tabla 3, el periodo de velocidad decreciente se ha encontrado que trabajando a 40 °C y velocidad de aire de secado de 1,5 m/s la ecuación representativa es logarítmica y para los demás parámetros ensayados la ecuación es exponencial, similar a lo reportado por (Barrena 2011) que a la velocidad de trabajo (2,5 m/s) y a las temperaturas de 40 y 50 °C, la ecuación representativa es logarítmica y para todas las demás temperaturas y velocidades del aire empleadas las curvas es de tipo exponencial en el secado de lúcuma.

Con respecto a la caracterización de la harina de papaya presenta un importante contenido nutricional que se puede aprovechar para la elaboración de algunos alimentos, su alto contenido en vitamina C (57%) y otras características funcionales hacen que este producto se convierta en una valiosa alternativa para subsanar problemas de alimentación en la población y contribuir con la seguridad alimentaria de la Región de Amazonas, lo confirmado por (Avalos C. 2010) el color anaranjado de la papaya es un indicador de riqueza en beta caroteno, cargado de nutrientes, influyendo vitamina A, vitamina C, complejo B, potasio, magnesio, fibra, ácido fólico y pequeñas cantidades de calcio y Hierro, elementos que hacen de esta fruta una envidiable medicina natural.

En el análisis microbiológico se encontró ausencia de microorganismo patógeno, la harina obtenida es apta para el consumo humano esto se debe al cumplimiento de la BPM en todo el proceso, confirmado por (ICMSF, 2000), La mayor parte de los alimentos se convierten en potencialmente peligrosos solo después de que se han violado los principios de higiene, limpieza y desinfección.

V. CONCLUSIONES

La papaya para ser procesada debe reportar las siguientes características 5,8 de pH y 10.1 °Brix y color amarillo claro la mayor parte de la cascara como índice de madurez.

La cinética de secado influye directamente en la color de la harina para uso agroindustrial ya que a menor temperatura y menor velocidad, la harina es de color amarillo claro y a mayor temperatura y velocidad de aire de secado es oscura, disminuyendo la calidad de la harina.

Los parámetros óptimos para secar pulpa de papaya y obtener una harina de calidad para uso agroindustrial es trabajando a temperatura de 50 °C con una velocidad de aire de 2,5 m/s; en la cual se encontró que la humedad crítica Y_c fue 0,46 g agua/g papaya seca y la humedad de equilibrio Y_{eq} fue 0,05 g agua/g papaya seca, el tiempo crítico es 47 minutos y el tiempo de secado optimo es 3,8 horas de secado utilizando el secador de bandejas.

La harina obtenida de pulpa de papaya seca presenta un alto valor nutricional representado en vitamina C, lo que hace susceptible de utilizarla como materia prima en productos de panificación, helados, yogurt, otros; por sus propiedades espesantes, hidratantes y estabilizantes.

Se puede demostrar que la papaya se puede aprovechar en forma de harina y especialmente como sucedáneo de otros tipos de harina en productos de panificación como galletas. Las galletas elaboradas a partir de harina de papaya presentan una alta evaluación sensorial y un tiempo razonable de vida de anaquel, lo que confirma sus potencialidades para ser comercializados.

VI. RECOMENDACIONES

- Emplear frutos de papaya con un óptimo estado de madurez y sanidad para obtener harina de calidad para uso en la industria alimentaria.
- La harina de pulpa de papaya debe ser almacenada en envases y ambientes secos por su alta sensibilidad a adquirir humedad.
- Realizar un estudio de mercado y de costos de producción para la instalación de un secador de pulpa de papaya empleando los valores óptimos de temperatura y velocidad de aire.
- Emplear la cascara para obtener pectina y la semilla para condimento de comidas, de esta manera se empleará subproducto del proceso de cinética de secado para obtener harina de uso agroindustrial.
- Diseñar un sistema de recolección de datos computarizado de la operación del secador de bandejas del laboratorio de Ingeniería para la obtención más precisa de datos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avalos C. 2010. Biodiversidad. Revista papaya fruta de conquista. Perú.
- Barrena, M. /2011/ Modelamiento de la Cinética de secado/ Trujillo/Tesis para obtener el Grado de Doctor/ Escuela de Postgrado Programa. Doctoral en Ciencias e Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo/ pág. 11-15.
- CENTRUM. 2011. Centro de Negocio de la Pontificia Universidad Católica. <http://centrum.pucp.edu.pe/es/index.php>.
- Carranza, J. y Sánchez, M. 2002. Cinética de secado de *Musa paradisiaca* L. “Plátano y *Manihot esculente* Grantz “Yuca”.Revista Amazónica de Investigación Iquitos :
- Carrascal B. Gallego, M. Torres, O. Soto, Y. Duque, D.2003. Determinación de portadores de *Listeria spp* en un Conglomerado Lechero de la Vereda. Puente de Piedra del Municipio de Madrid (Cundinamarca, Colombia). UDCA. Actualidad & Divulgación Científica.
- Geankoplis, C.J. 1993. Transport Process and Unit Operations. Prentice-Hall, Inc. USA.
- Giambastiani, G y Rubiolo, O. 2002. “Efectos del almacenamiento y el secado sobre la calidad de los granos”.
- Hayes, P.R. 1993. Microbiología e Higiene de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- IBARZ R., A., G. V. BARBOSA-CÁNOVAS, S. GARZA G. Y V. GIMENO A. (2000). “Métodos Experimentales en la Ingeniería Alimentaria”. Editorial ACRIBIA S. A. Zaragoza, España.

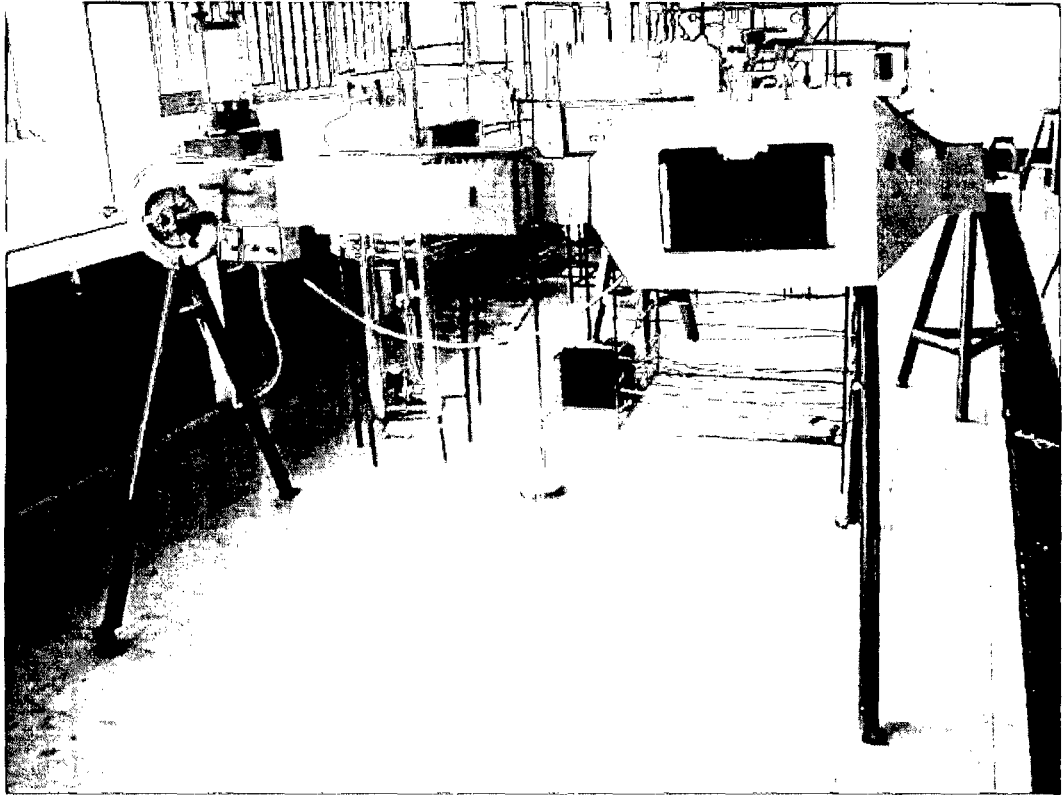
- International commission on Microbial specifications for Food, of the international Union of Biological Societies. (ICMSF). 2000. Microorganismos de los alimentos: su significado y métodos de enumeración. Segunda edición. Editorial Acribia S.A Zaragoza, España.
- MINAG ,2010.Dirección Regional de Agricultura de Amazonas. Reporte de datos
- Ocón G., J. y G. Tojo B. 1980. Problemas de Ingeniería Química. Tomo II. Editorial Aguilar S.A. 5ta. Reimpresión. España.
- Ocampo, A. 2006. Modelo cinético del secado de pulpa de mango. Revista EIA, ISSN 1794-1237 Número 5 p.119-128. Junio 2006. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Medellín. Colombia.
- Ortiz, B. 2003. Secado con bomba de calor para la deshidratación de alimentos. Tesis para obtener el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Química con Área en Ingeniería de Procesos. México: Universidad de las Américas Puebla. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos.
- Perry, J. y C. Chilton. 1982. Manual del Ingeniero Químico. Editorial McGraw-Hill. 2da. Edición. Bogotá.
- Reyes C. 2003. Los recursos genéticos de la familia Caricaceae en el mejoramiento de Carica papaya L. en Colombia.
- Treybal, R. 1991. Operaciones de transferencia de masa. Mexico
- Vásquez M. 2005. Manual de Deshidratación de Frutas Tropicales. Proyecto de Desarrollo Empresarial Rural del Centro Internacional de Agricultura Tropical. Yorito. Yoro. Honduras.
- Vásquez, R. et ál. 2005. “Paquete tecnológico para el cultivo de plátano” En: <http://www.campocolima.gob.mx/paginaOEIDRUS/PaqTecnológicos/PTPlatano.pdf>

- Vega, A.A. y R.A. Lemus. 2006. Modelado de la Cinética de Secado de la Papaya Chilena (*Vasconcellea pubescens*). *Inf. tecnol.* [online]. Vol.17, no.3 [citado 29 Junio 2008], p.23-31. Disponible en la World Wide Web: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000300005&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0718-0764.
- Vernon C., J. 2000. Laboratorio de Operaciones Unitarias. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. México.

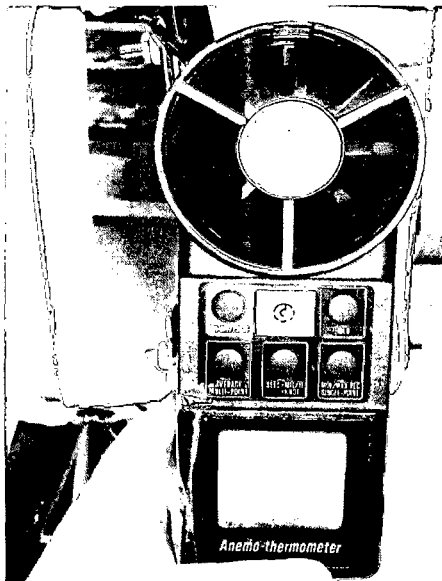
ANEXOS

ANEXO 1

Acondicionamiento del equipo experimental



Fotografía 1. Secador de bandejas con aire forzado



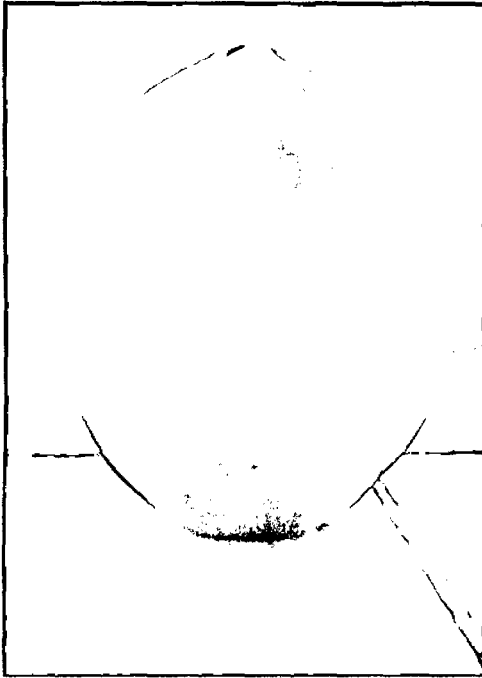
Fotografía 2. Medición de la temperatura y velocidad del aire



Fotografía 3. Medición del peso cada 5 minutos.

ANEXO 2

Secuencia fotográfica selección y acondicionamiento de papaya



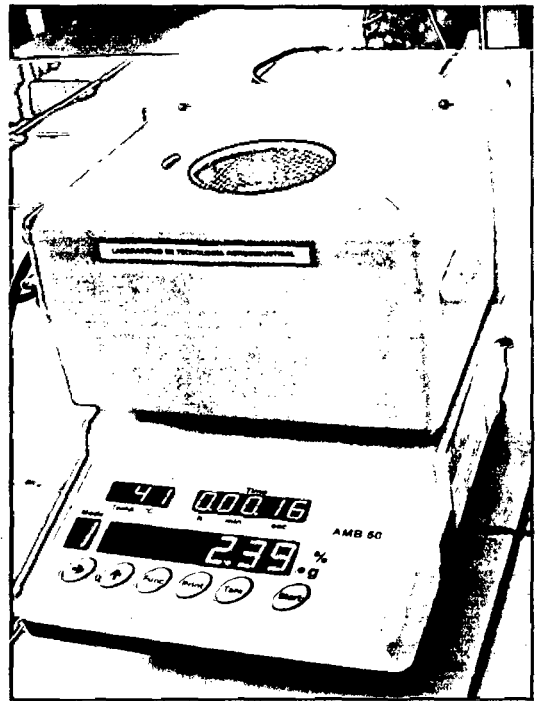
Fotografía 4. Selección de la papaya madura y fresca



Fotografía 5. Pelado, cortado y retirado de pepas de papaya



Fotografía 6. Distribución de tiras de papaya en la bandeja



Fotografía 7. Analizador automático de humedad ADAM AMB50

ANEXO 3

Secuencia fotográfica del secado de papaya



Fotografía 8. Inicio del secado de papaya en el secador de bandeja



Fotografía 9. Muestras de papaya seca

ANEXO 4

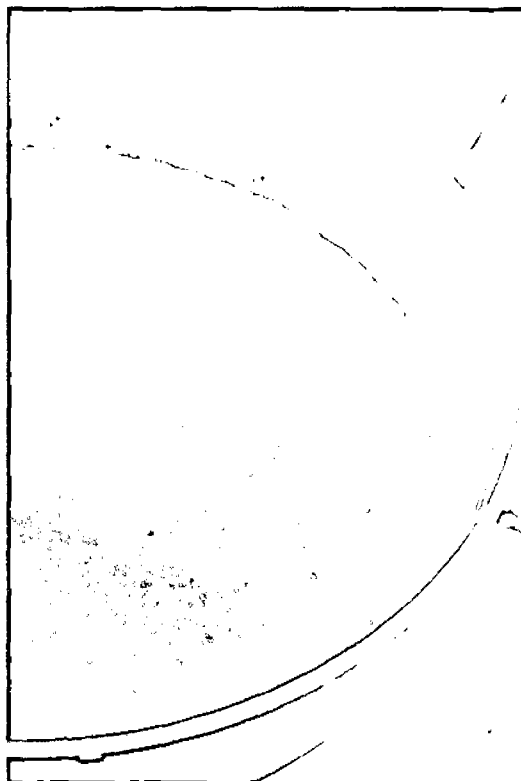
Secuencia fotográfica de obtención de harina de papaya



Fotografía 10. Comparación de pulpa fresca con pulpa seca a $T=50\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $W=2,5\text{ m/s}$



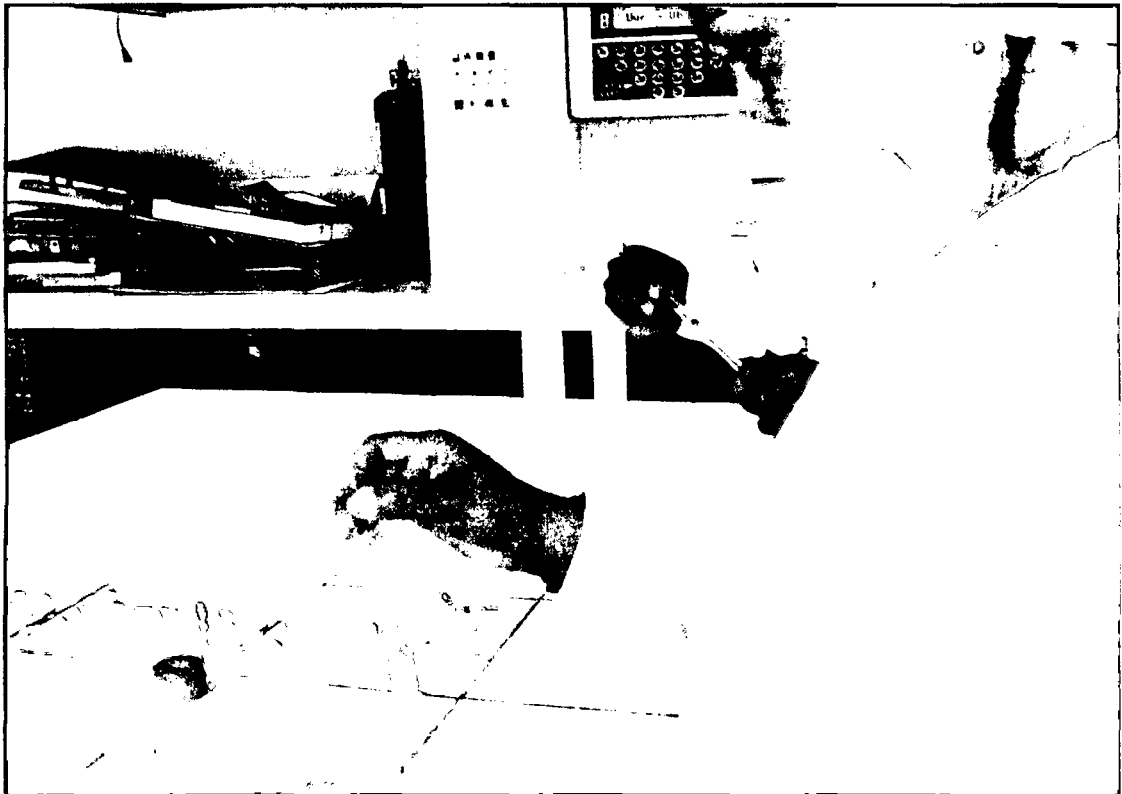
Fotografía 11. Molido de la pulpa seca



Fotografía 12. Tamizado de la harina

ANEXO 5

Secuencia fotográfica del análisis realizado a la harina de papaya



Fotografía 13. Concentración de azúcares reductores mediante el método de fehling.



Fotografía 14. Análisis microbiológico

ANEXO 6

Resultados de las corridas experimentales de secado de tiras de papaya realizadas con aire a 40 °C y velocidades de 1,5, 2,5 y 3,5 m/s

Tabla 7. Datos experimentales de secado de tiras de papaya, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a 40 °C y velocidad de 1,5 m/s (SB = 866,2 g; S = 240,02 g)

	t	P1	P2 = P1-SB	Yr = (P2-S)/S		
N°	Tiempo (min)	Peso estructura + papaya al tiempo t (g)	Peso papaya al tiempo t (g)	Humedad residual (g agua/g papaya seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/g papaya seca)
1	0	1316.20	450.00	0.87	0.006	0.843
2	10	1301.00	434.80	0.81	0.006	0.783
3	20	1287.10	420.90	0.75	0.005	0.730
4	30	1275.60	409.40	0.71	0.005	0.679
5	40	1262.90	396.70	0.65	0.006	0.624
6	50	1249.30	383.10	0.60	0.005	0.572
7	60	1237.80	371.60	0.55	0.006	0.520
8	70	1224.10	357.90	0.49	0.004	0.473
9	80	1215.20	349.00	0.45	0.006	0.423
10	90	1200.50	334.30	0.39	0.005	0.369
11	100	1189.10	322.90	0.35	0.002	0.335
12	110	1184.30	318.10	0.33	0.002	0.315
13	120	1179.20	313.00	0.30	0.001	0.297
14	130	1175.90	309.70	0.29	0.001	0.284
15	140	1173.10	306.90	0.28	0.001	0.272
16	150	1170.00	303.80	0.27	0.002	0.256
17	160	1165.50	299.30	0.25	0.001	0.242
18	170	1163.10	296.90	0.24	0.001	0.230
19	180	1159.80	293.60	0.22	0.001	0.218
20	190	1157.30	291.10	0.21	0.001	0.207
21	200	1154.40	288.20	0.20	0.000	0.199
22	210	1153.60	287.40	0.20	0.001	0.194
23	220	1151.80	285.60	0.19	0.001	0.186
24	230	1150.00	283.80	0.18	0.000	0.181
25	240	1149.30	283.10	0.18	0.001	0.177
26	250	1147.90	281.70	0.17	0.001	0.170
27	260	1146.20	280.00	0.17	0.000	0.164
28	270	1145.10	278.90	0.16	0.000	0.160
29	280	1144.12	277.92	0.16	0.001	0.154
30	290	1142.30	276.10	0.15	0.000	0.148
31	300	1141.10	274.90	0.15	0.000	0.145
32	310	1140.80	274.60	0.14	0.001	0.139
33	320	1138.20	272.00	0.13	0.001	0.129
34	330	1136.30	270.10	0.13	0.001	0.121
35	340	1134.40	268.20	0.12	0.001	0.115
36	350	1133.10	266.90	0.11	0.000	0.110
37	360	1132.00	265.80	0.11	0.001	0.100
38	370	1128.60	262.40	0.09	0.000	0.093
39	380	1128.40	262.20	0.09	0.001	0.086
40	390	1125.40	259.20	0.08	0.001	0.077
41	400	1123.90	257.70	0.07	0.001	0.068
42	410	1121.20	255.00	0.06	0.001	0.059
43	420	1119.42	253.22	0.05	0.000	0.054
44	430	1119.00	252.80	0.05	0.005	0.027

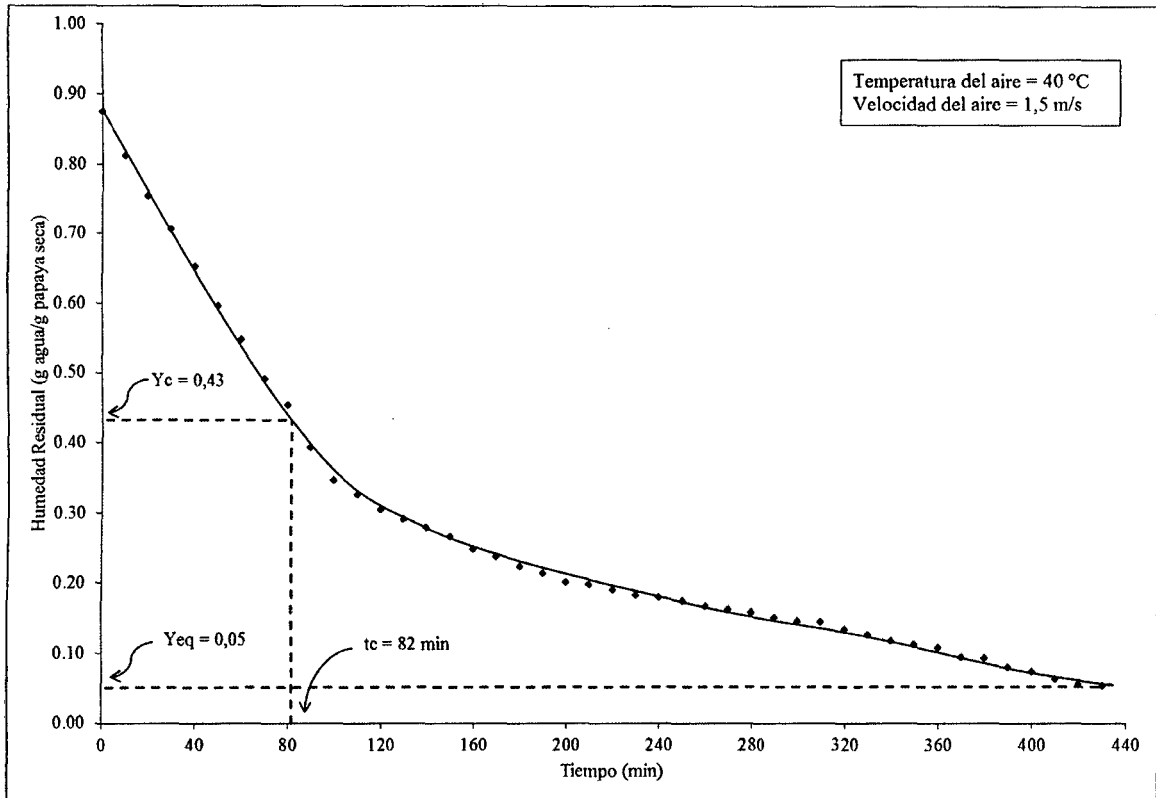


Figura 10. Humedad residual en función del tiempo ($T_1 = 40\text{ °C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$)

Análisis de regresión lineal con el SPSS ($T_1 = 40\text{ °C}$; $W_1 = 1.5\text{ m/s}$)

Tabla 8. Resumen del modelo de regresión lineal ($T_1 = 40\text{ °C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$)

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0.996	0.992	0.991	0.014

La variable independiente es tiempo.

Tabla 9. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal ($T_1 = 40\text{ °C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	0.122	1	0.122	650.665	0.000
Residual	0.001	5	0.000		
Total	0.123	6			

La variable independiente es tiempo.

Tabla 10. Coeficiente de la ecuación lineal (T1 = 40 °C; W1 = 1,5 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo	-0.007	0.000	-0.996	-25.508	0.000
(Constante)	0.834	0.009		89.294	0.000

La ecuación de la línea recta será de la forma: $Y = -0,007X + 0,834$

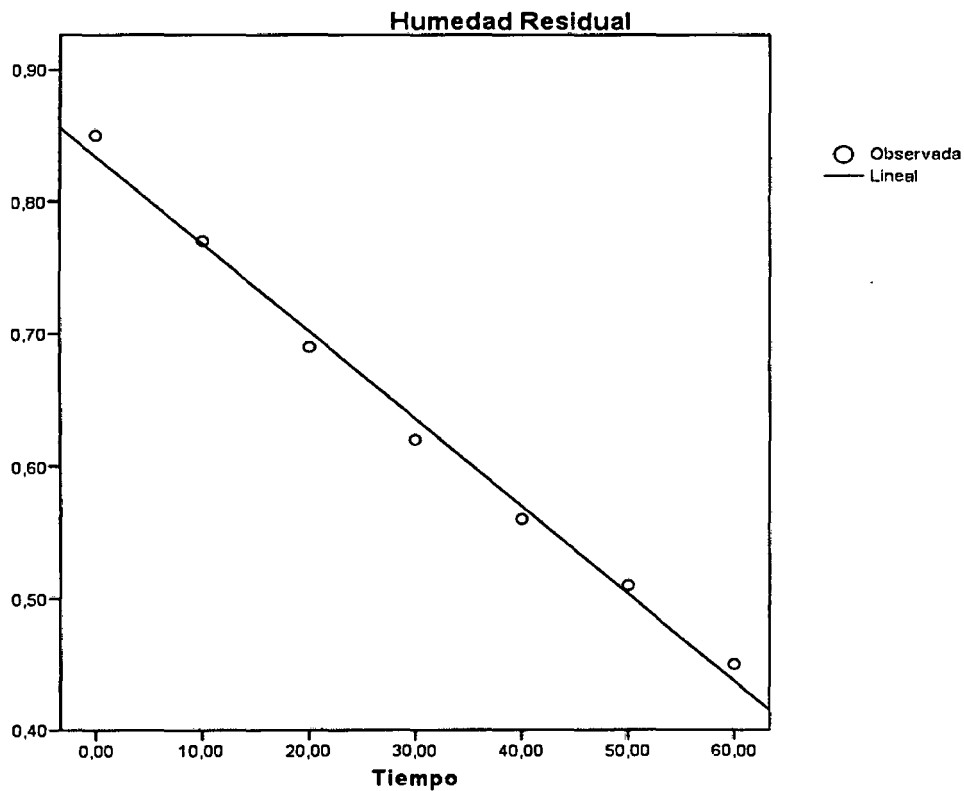


Figura 11. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.
(T1 = 40 °C; W1 = 1,5 m/s)

Análisis de regresión logarítmica con el SPSS (T1 = 40 °C; W1 = 1,5 m/s)

Tabla 11. Resumen del modelo de regresión logarítmica (T1 = 40 °C; W1 = 1,5 m/s)

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0.982	0.965	0.963	0.014

La variable independiente es tiempo.

Tabla 12. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión logarítmica
(T1 = 40 °C; W1 = 1,5 m/s)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	0.114	1	0.114	598.615	0.000
Residual	0.004	22	0.000		
Total	0.118	23			

La variable independiente es tiempo.

Tabla 13. Coeficiente de la ecuación logarítmica (T1 = 40 °C; W1 = 1,5 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
ln(Tiempo)	-0.302	0.012	-0.982	-24.467	0.000
(Constante)	1.954	0.071		27.569	0.000

La ecuación de la curva logarítmica será de la forma: $Y = -0,302 \ln(X) + 1,954$

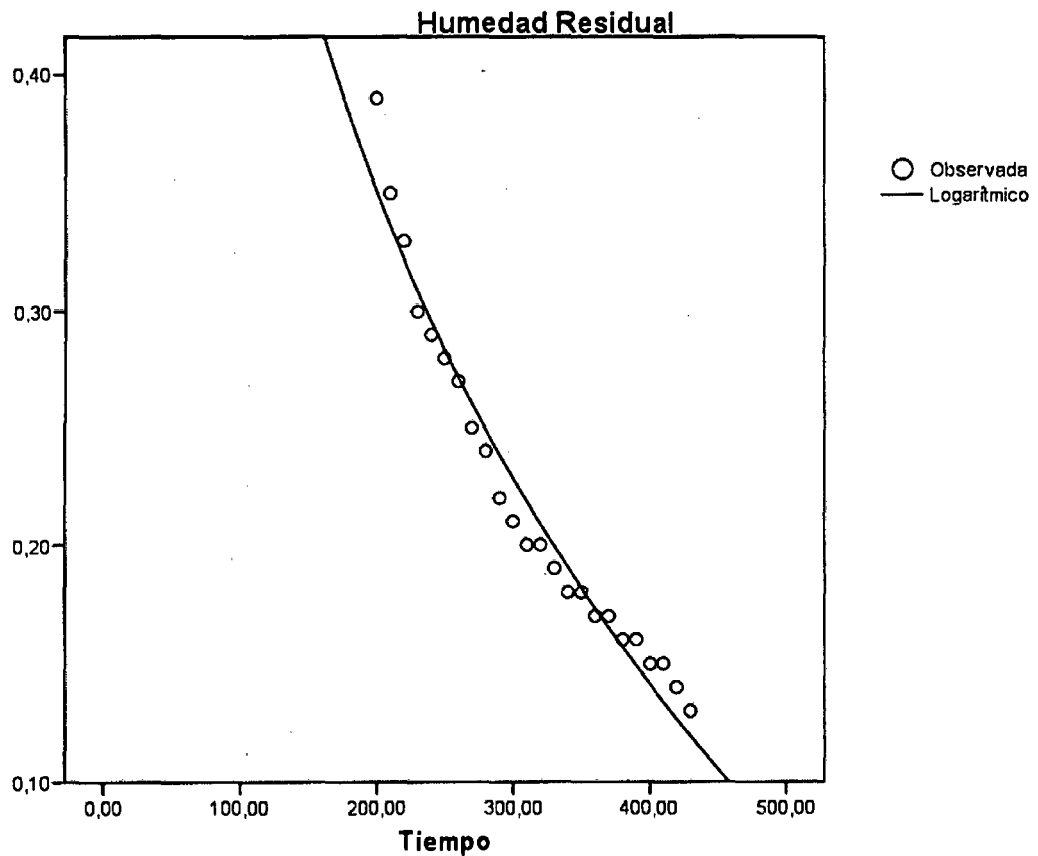


Figura 12. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.
(T1 = 40 °C; W1 = 1,5 m/s)

Tabla 14. Datos experimentales de secado de tiras de papaya, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a 40 °C y velocidad de 2,5 m/s (SB = 866,1 g S = 249,70 g)

	t	P1	P2 = P1-SB	(P2-S)/S		
N°	Tiempo (min)	Peso estructura + papaya al tiempo t (g)	Peso papaya al tiempo t (g)	Humedad residual (g agua/g papaya seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/g papaya seca)
1	0	1318.80	452.70	0.81	0.006	0.783
3	10	1303.80	437.70	0.75	0.007	0.717
5	20	1285.70	419.60	0.68	0.007	0.644
7	30	1267.50	401.40	0.61	0.006	0.577
9	40	1252.30	386.20	0.55	0.007	0.513
11	50	1235.50	369.40	0.48	0.005	0.454
13	60	1223.00	356.90	0.43	0.007	0.396
15	70	1206.30	340.20	0.36	0.005	0.339
17	80	1194.40	328.30	0.31	0.003	0.301
19	90	1187.30	321.20	0.29	0.003	0.273
21	100	1180.60	314.50	0.26	0.003	0.245
23	110	1173.40	307.30	0.23	0.002	0.221
25	120	1168.70	302.60	0.21	0.002	0.202
27	130	1164.00	297.90	0.19	0.001	0.187
29	140	1160.80	294.70	0.18	0.001	0.173
31	150	1157.40	291.30	0.17	0.001	0.160
33	160	1154.00	287.90	0.15	0.002	0.145
35	170	1150.20	284.10	0.14	0.001	0.135
37	180	1148.60	282.50	0.13	0.001	0.129
39	190	1147.30	281.20	0.13	0.001	0.120
41	200	1144.20	278.10	0.11	0.001	0.110
43	210	1142.30	276.20	0.11	0.000	0.104
45	220	1141.40	275.30	0.10	0.000	0.100
47	230	1140.30	274.20	0.10	0.000	0.096
49	240	1139.20	273.10	0.09	0.001	0.091
51	250	1137.90	271.80	0.09	0.000	0.087
53	260	1137.20	271.10	0.09	0.000	0.084
55	270	1136.50	270.40	0.08	0.001	0.080
57	280	1134.90	268.80	0.08	0.000	0.075
59	290	1134.30	268.20	0.07	0.000	0.072
61	300	1133.10	267.00	0.07	0.000	0.067
63	310	1132.20	266.10	0.07	0.001	0.062
65	320	1130.50	264.40	0.06	0.001	0.055
67	330	1128.80	262.70	0.05	0.005	0.026
69	340	1127.90	261.80	0.05	0.005	0.024

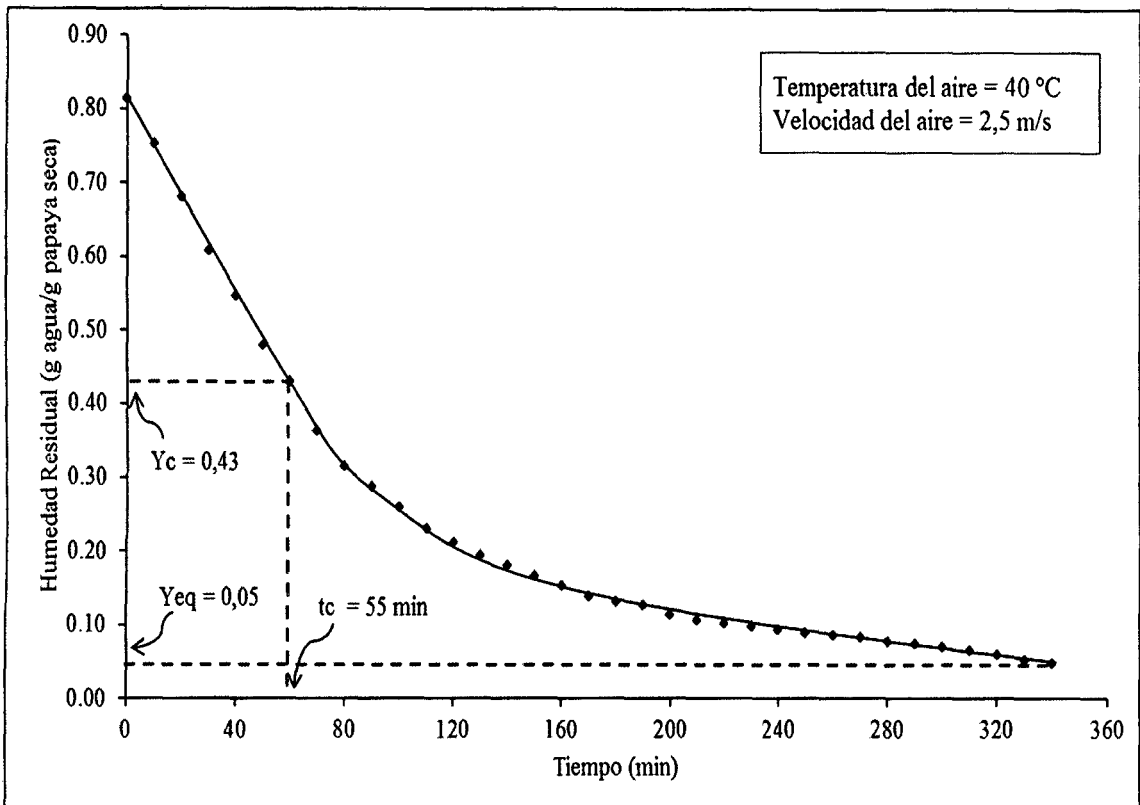


Figura 13. Humedad residual en función del tiempo (T1 = 40 °C; W1 = 2,5 m/s)

Análisis de regresión lineal con el SPSS (T1 = 40 °C; W2 = 2.5 m/s)

Tabla 15. Resumen del modelo de regresión lineal (T1 = 40 °C; W2 = 2,5 m/s)

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0.999	0.999	0.998	0.006

La variable independiente es tiempo.

Tabla 16. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal (T1 = 40 °C; W2 = 2,5 m/s)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	0.117	1	0.117	3485.213	0.000
Residual	0.000	5	0.000		
Total	0.117	6			

La variable independiente es tiempo.

Tabla 17. Coeficiente de la ecuación lineal (T1 = 40 °C; W2 = 2,5 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo	-0.006	0.000	-0.999	-59.036	0.000
(Constante)	0.810	0.004		205.077	0.000

La ecuación de la línea recta será de la forma: $Y = -0,006X + 0,810$

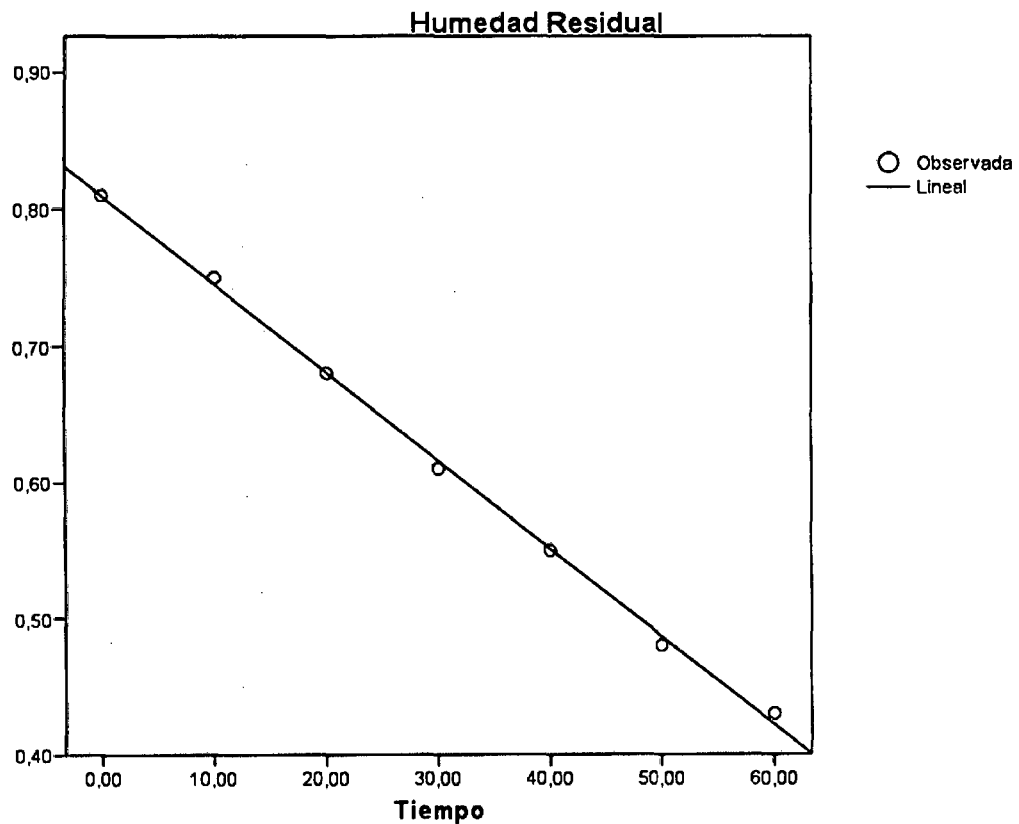


Figura 14. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS. (T1 = 40 °C; W2 = 2,5 m/s)

Análisis de regresión exponencial con el SPSS (T1 = 40 °C; W2 = 2,5 m/s)

Tabla 18. Resumen del modelo de regresión exponencial (T1 = 40 °C; W2 = 2,5 m/s)

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0.989	0.979	0.978	0.082

La variable independiente es tiempo.

Tabla 19. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión exponencial
(T1 = 40 °C; W1 = 2,5 m/s)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	8.166	1	8.166	1205.820	0.000
Residual	0.176	26	0.007		
Total	8.342	27			

La variable independiente es tiempo.

Tabla 20. Coeficiente de la ecuación exponencial (T1 = 40 °C; W2 = 2,5 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo	-0.007	0.000	-0.989	-34.725	0.000
(Constante)	0.479	0.020		23.573	0.000

La variable dependiente es ln(Humedad).

La ecuación de la curva exponencial será de la forma: $Y = 0,479e^{(-0.007X)}$

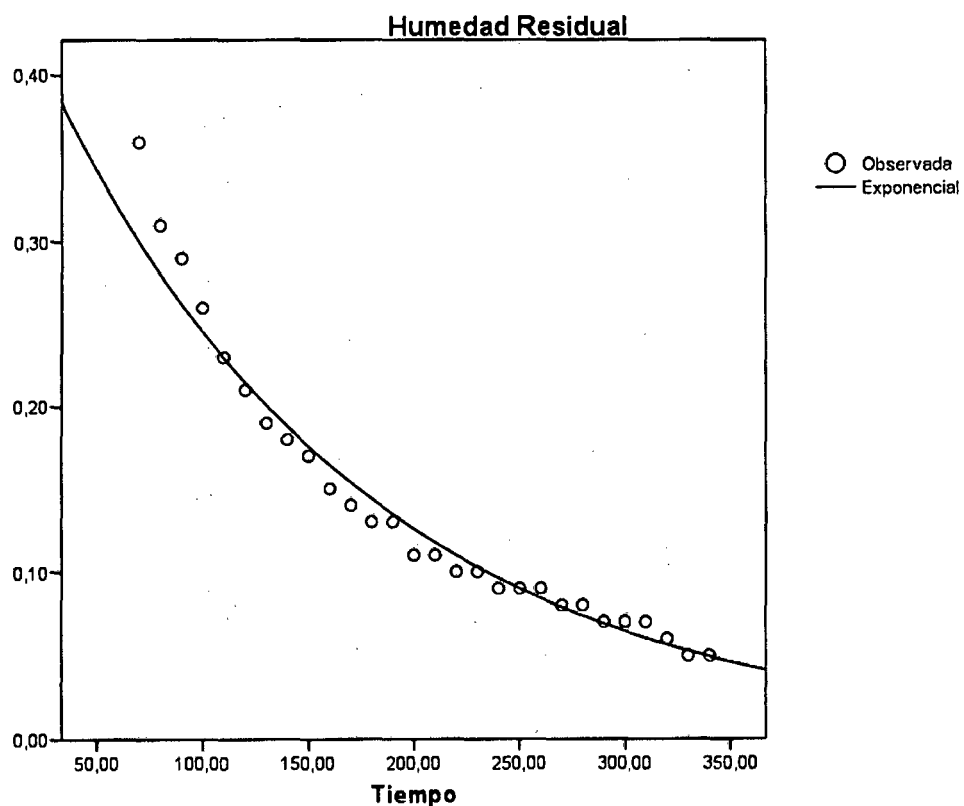


Figura 15. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.
(T1 = 40 °C; W2 = 2,5 m/s)

Tabla 21. Datos experimentales de secado de tiras de papaya, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a 40 °C y velocidad de 3,5 m/s (SB = 866,3 g S = 231,4 g)

N°	t	P1	P2 = P1-SB	(P2-S)/S	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/g papaya seca)
	Tiempo (min)	Peso estructura + papaya al tiempo t (g)	Peso papaya al tiempo t (g)	Humedad residual (g agua/g papaya seca)		
1	0	1290.00	423.70	0.83	0.013	0.766
2	10	1259.80	393.50	0.70	0.008	0.662
3	20	1242.10	375.80	0.62	0.009	0.577
4	30	1220.50	354.20	0.53	0.006	0.502
5	40	1207.20	340.90	0.47	0.009	0.430
6	50	1187.30	321.00	0.39	0.008	0.349
7	60	1169.70	303.40	0.31	0.003	0.295
8	70	1162.30	296.00	0.28	0.002	0.271
9	80	1158.50	292.20	0.26	0.002	0.251
10	90	1153.20	286.90	0.24	0.003	0.226
11	100	1146.90	280.60	0.21	0.002	0.201
12	110	1141.30	275.00	0.19	0.002	0.180
13	120	1137.30	271.00	0.17	0.002	0.161
14	130	1132.60	266.30	0.15	0.001	0.145
15	140	1129.80	263.50	0.14	0.001	0.132
16	150	1126.50	260.20	0.12	0.001	0.117
17	160	1123.10	256.80	0.11	0.001	0.103
18	170	1119.80	253.50	0.10	0.001	0.092
19	180	1118.40	252.10	0.09	0.001	0.084
20	190	1116.00	249.70	0.08	0.001	0.073
21	200	1113.20	246.90	0.07	0.001	0.063
22	210	1111.40	245.10	0.06	0.001	0.055
23	220	1109.28	242.98	0.05	0.000	0.050
24	230	1109.10	242.80	0.05	0.000	0.049
25	240	1109.03	242.73	0.05	0.005	0.024

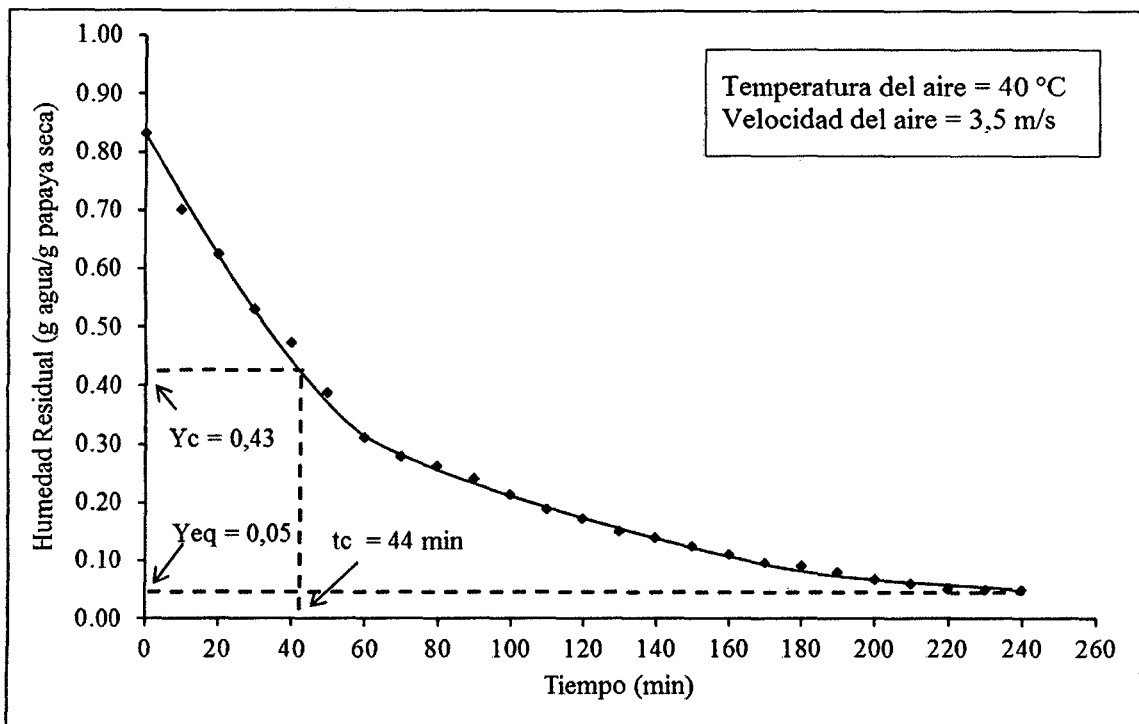


Figura 16. Humedad residual en función del tiempo ($T_1 = 40\text{ °C}$; $W_1 = 3,5\text{ m/s}$)

Análisis de regresión lineal con el SPSS ($T_1 = 40\text{ °C}$; $W_2 = 3.5\text{ m/s}$)

Tabla 22. Resumen del modelo de regresión lineal ($T_1 = 40\text{ °C}$; $W_2 = 3,5\text{ m/s}$)

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0.991	0.983	0.977	0.022

La variable independiente es tiempo.

Tabla 23. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal ($T_1 = 40\text{ °C}$; $W_2 = 3,5\text{ m/s}$)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	0.079	1	0.079	170.957	0.001
Residual	0.001	3	0.000		
Total	0.081	4			

La variable independiente es tiempo.

Tabla 24. Coeficiente de la ecuación lineal (T1 = 40 °C; W2 = 3,5 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo	-0.009	0.001	-0.991	-13.075	0.001
(Constante)	0.808	0.017		48.461	0.000

La ecuación de la línea recta será de la forma: $Y = -0,009X + 0,808$

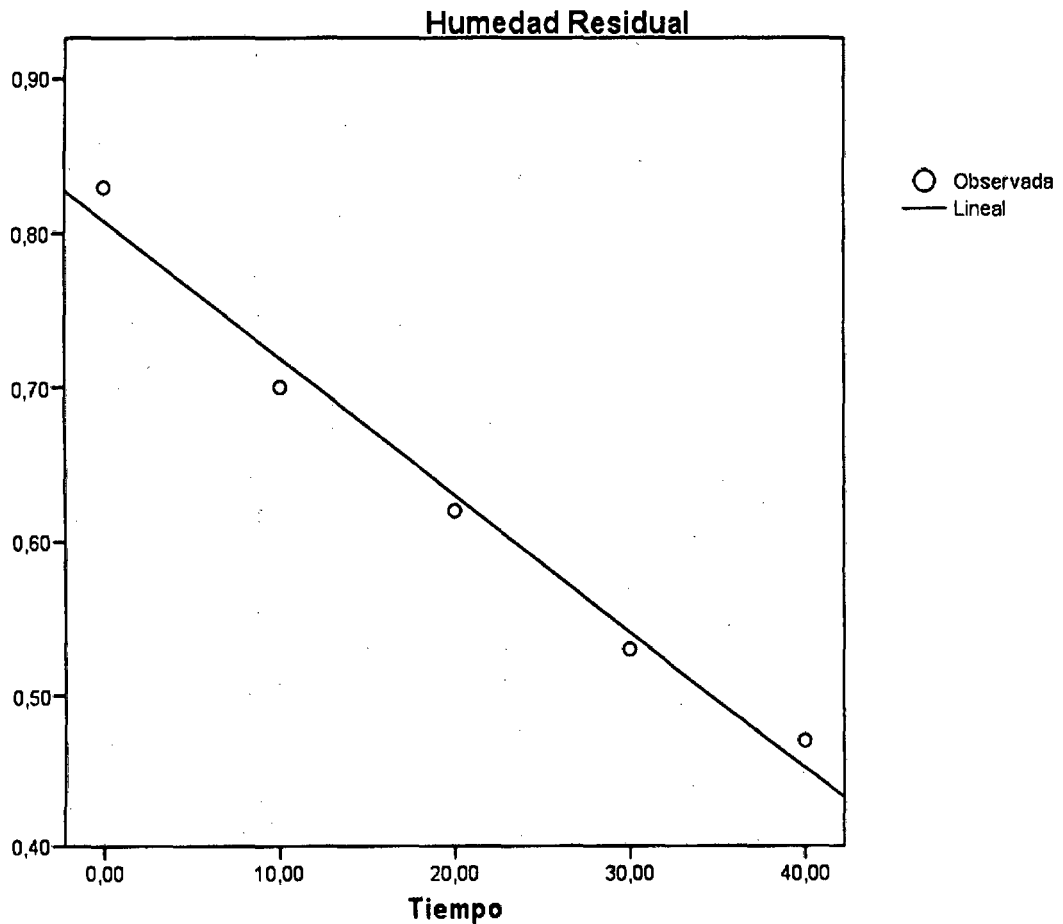


Figura 17. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.
(T1 = 40 °C; W2 = 3,5 m/s)

Análisis de regresión exponencial con el SPSS (T1 = 40 °C; W2 = 3,5 m/s)

Tabla 25. Resumen del modelo de regresión exponencial (T1 = 40 °C; W2 = 3,5 m/s)

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0.998	0.995	0.995	0.047

La variable independiente es tiempo.

Tabla 26. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión exponencial
(T1 = 40 °C; W1 = 3,5 m/s)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	8.031	1	8.031	3641.225	0.000
Residual	0.040	18	0.002		
Total	8.070	19			

La variable independiente es tiempo.

Tabla 27. Coeficiente de la ecuación exponencial (T1 = 40 °C; W2 = 3,5 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo	-0.011	0.000	-0.998	-60.343	0.000
(Constante)	0.632	0.018		35.189	0.000

La variable dependiente es ln(Humedad).

La ecuación de la curva exponencial será de la forma: $Y = 0,632e^{(-0,011X)}$

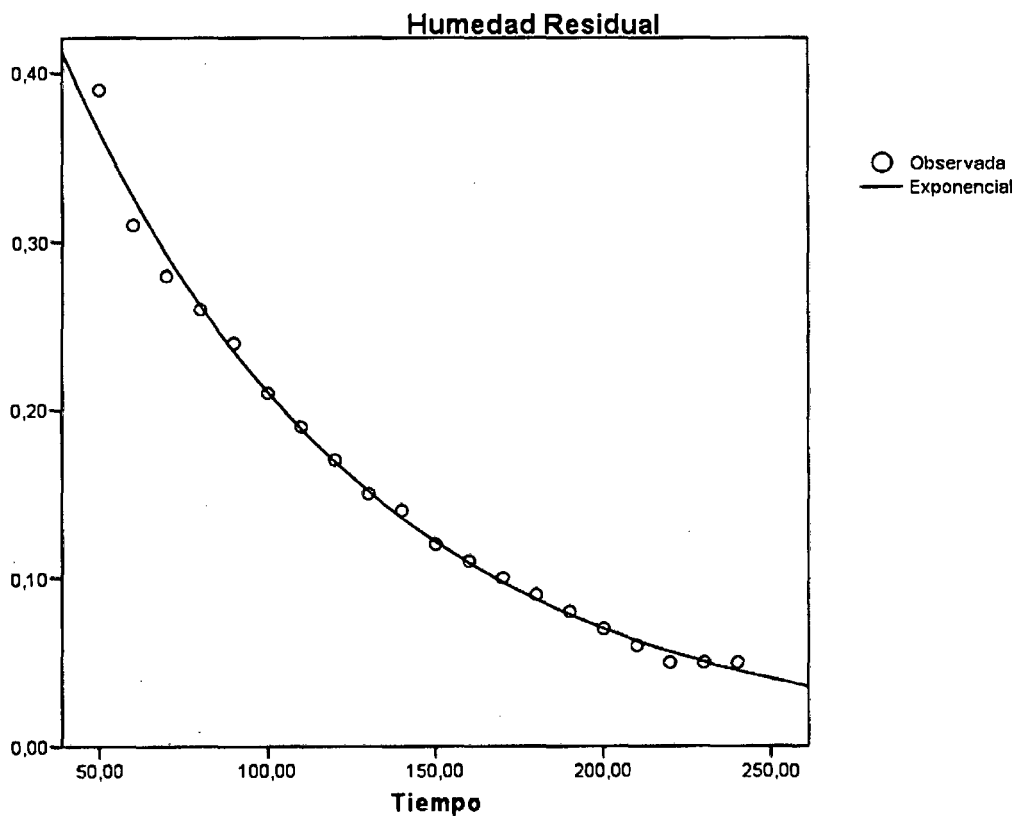


Figura 18. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.
(T1 = 40 °C; W2 = 3,5 m/s)

ANEXO 7

Resultados de las corridas experimentales de secado de tiras de papaya realizadas con aire a 50 °C y velocidades de 1,5, 2,5 y 3,5 m/s

Tabla 28. Datos experimentales de secado de tiras de papaya, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a 50 °C y velocidad de 1,5 m/s (SB = 1424,6 g S = 261,20 g)

	t	P1	P2 = P1-SB	(P2-S)/S		
N°	Tiempo (min)	Peso estructura + papaya al tiempo t (g)	Peso papaya al tiempo t (g)	Humedad residual (g agua/g papaya seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/g papaya seca)
1	0	1908.60	484.00	0.85	0.008	0.811
2	10	1886.80	462.20	0.77	0.008	0.729
3	20	1865.50	440.90	0.69	0.006	0.656
4	30	1848.80	424.20	0.62	0.006	0.593
5	40	1832.60	408.00	0.56	0.005	0.535
6	50	1818.30	393.70	0.51	0.006	0.478
7	60	1803.00	378.40	0.45	0.004	0.429
8	70	1792.80	368.20	0.41	0.003	0.396
9	80	1785.70	361.10	0.38	0.003	0.370
10	90	1779.10	354.50	0.36	0.002	0.345
11	100	1772.90	348.30	0.33	0.002	0.323
12	110	1767.30	342.70	0.31	0.002	0.302
13	120	1762.00	337.40	0.29	0.002	0.282
14	130	1757.00	332.40	0.27	0.002	0.264
15	140	1752.70	328.10	0.26	0.002	0.248
16	150	1748.30	323.70	0.24	0.002	0.232
17	160	1744.30	319.70	0.22	0.001	0.217
18	170	1740.50	315.90	0.21	0.001	0.204
19	180	1737.89	313.29	0.20	0.002	0.191
20	190	1733.66	309.06	0.18	0.001	0.179
21	200	1731.54	306.94	0.18	0.002	0.167
22	210	1727.30	302.70	0.16	0.001	0.155
23	220	1725.18	300.58	0.15	0.001	0.147
24	230	1723.06	298.46	0.14	0.001	0.139
25	240	1720.94	296.34	0.13	0.001	0.130
26	250	1718.82	294.22	0.13	0.001	0.122
27	260	1716.71	292.11	0.12	0.001	0.114
28	270	1714.59	289.99	0.11	0.001	0.106
29	280	1712.47	287.87	0.10	0.001	0.098
30	290	1710.35	285.75	0.09	0.001	0.090
31	300	1708.23	283.63	0.09	0.001	0.082
32	310	1706.11	281.51	0.08	0.001	0.074
33	320	1703.99	279.39	0.07	0.000	0.068
34	330	1703.21	278.61	0.07	0.001	0.064
35	340	1701.87	277.27	0.06	0.000	0.062
36	350	1701.87	277.27	0.06	0.001	0.057
37	360	1699.74	275.14	0.05	0.000	0.053
38	370	1699.74	275.14	0.05	0.000	0.053
39	380	1699.59	274.99	0.05	0.005	0.026

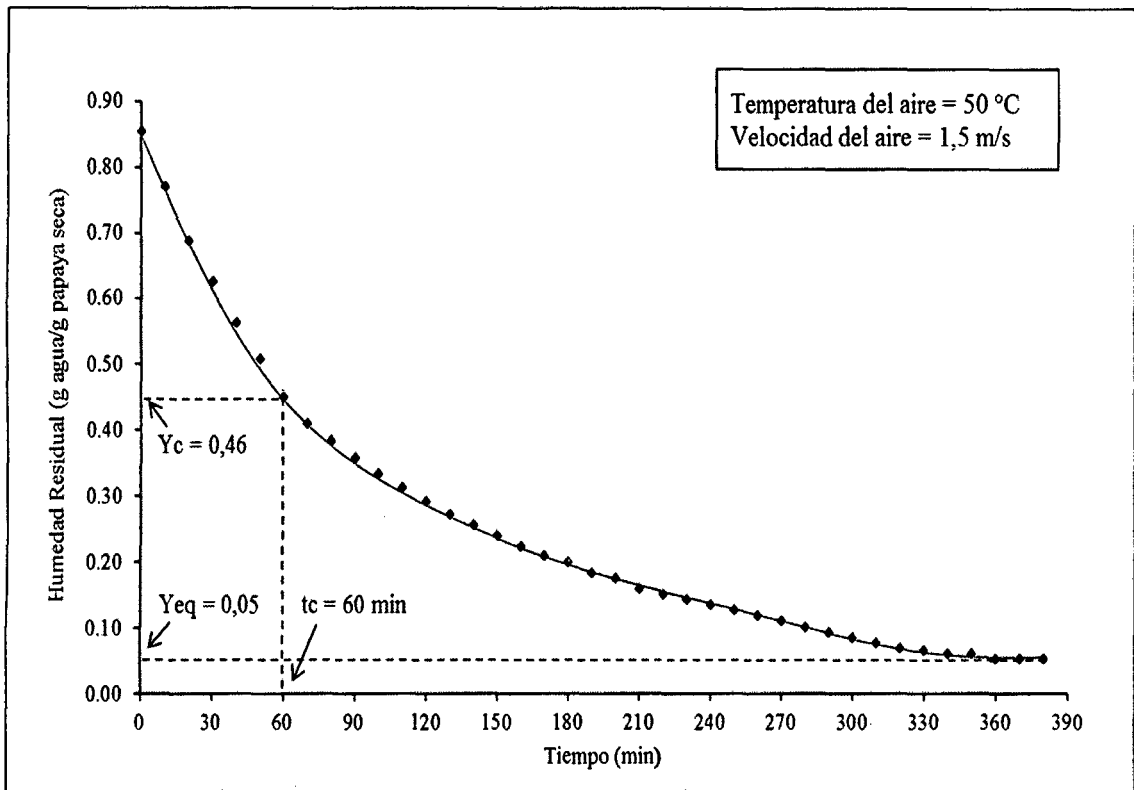


Figura 19. Humedad residual en función del tiempo (T1 = 50 °C; W1 = 1,5 m/s)

Análisis de regresión lineal con el SPSS (T1 = 50 °C; W1 = 1.5 m/s)

Tabla 29. Resumen del modelo de regresión lineal (T1 = 50 °C; W1 = 1,5 m/s)

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0.996	0.992	0.991	0.014

La variable independiente es tiempo.

Tabla 30. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal (T1 = 50 °C; W1 = 1,5 m/s)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	0.122	1	0.122	650.665	0.000
Residual	0.001	5	0.000		
Total	0.123	6			

La variable independiente es tiempo.

Tabla 31. Coeficiente de la ecuación lineal ($T_1 = 50\text{ }^\circ\text{C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo	-0.007	0.000	-0.996	-25.508	0.000
(Constante)	0.834	0.009		89.294	0.000

La ecuación de la línea recta será de la forma: $Y = -0,007X + 0,834$

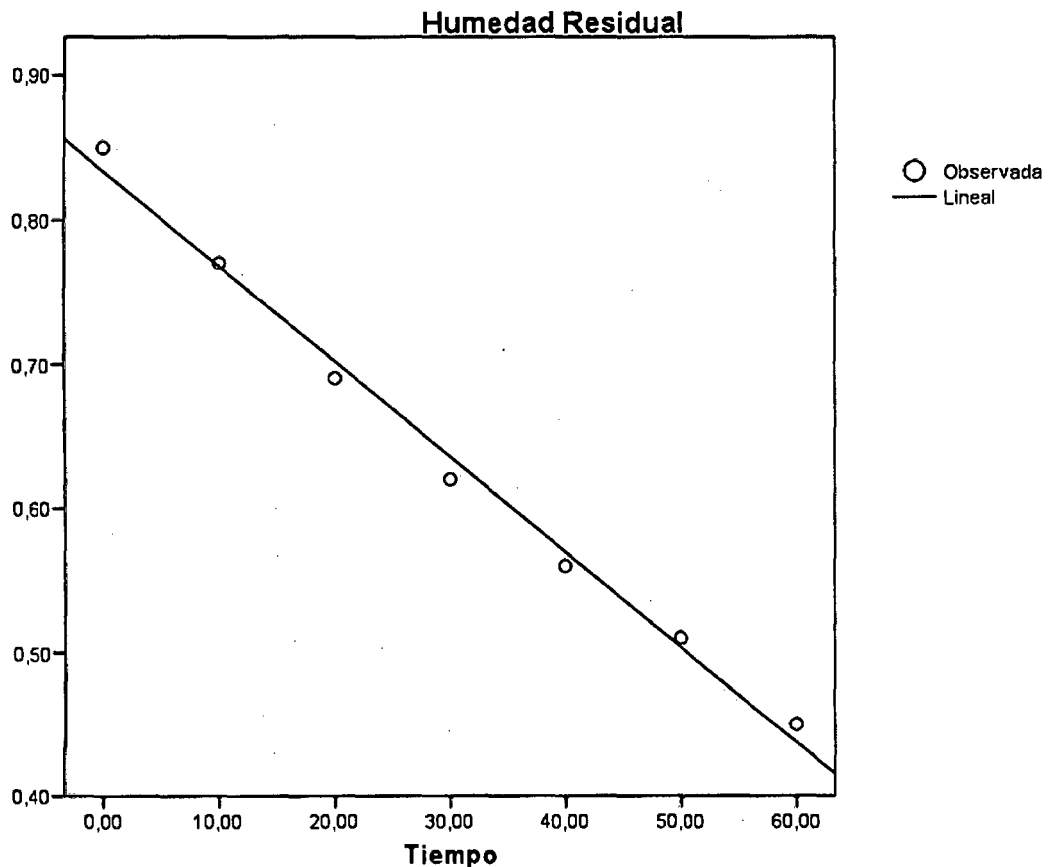


Figura 20. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.
($T_1 = 50\text{ }^\circ\text{C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$)

Análisis de regresión exponencial con el SPSS ($T_1 = 50\text{ }^\circ\text{C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$)

Tabla 32. Resumen del modelo de regresión exponencial ($T_1 = 50\text{ }^\circ\text{C}$; $W_1 = 1,5\text{ m/s}$)

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0.998	0.996	0.996	0.041

La variable independiente es tiempo.

Tabla 33. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión exponencial (T1 = 50 °C; W1 = 1,5 m/s)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	13.115	1	13.115	7867.299	0.000
Residual	0.050	30	0.002		
Total	13.165	31			

La variable independiente es tiempo.

Tabla 34. Coeficiente de la ecuación exponencial (T1 = 50 °C; W1 = 1,5 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo	-0.007	0.000	-0.998	-88.698	0.000
(Constante)	0.680	0.013		52.598	0.000

La variable dependiente es ln(Humedad).

La ecuación de la curva exponencial será de la forma: $Y = 0,680e^{(-0,007X)}$

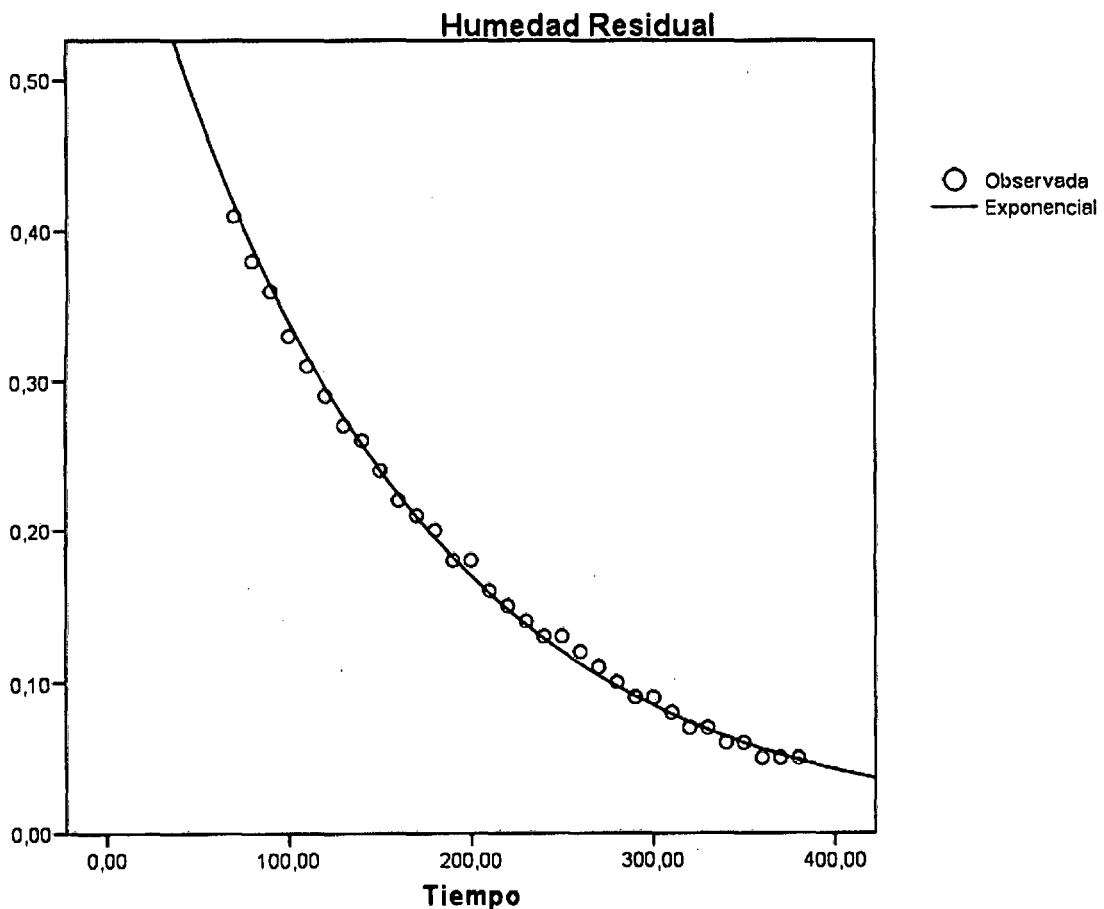


Figura 21. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS. (T1 = 50 °C; W1 = 1,5 m/s)

Tabla 35. Datos experimentales de secado de tiras de papaya, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a 50 °C y velocidad de 2,5 m/s (SB = 748,1 g S = 228,31 g)

	t	P1	P2 = P1-SB	(P2-S)/S		
Nº	Tiempo (min)	Peso bandejas + papaya al tiempo t (g)	Peso papaya al tiempo t (g)	Humedad residual (g agua/g papaya seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/g papaya seca)
1	0	1173.30	425.20	0.86	0.009	0.820
2	10	1153.80	405.70	0.78	0.006	0.748
3	20	1140.60	392.50	0.72	0.010	0.669
4	30	1117.60	369.50	0.62	0.010	0.566
5	40	1093.80	345.70	0.51	0.009	0.471
6	50	1074.30	326.20	0.43	0.006	0.396
7	60	1059.50	311.40	0.36	0.004	0.343
8	70	1050.10	302.00	0.32	0.006	0.293
9	80	1036.40	288.30	0.26	0.003	0.247
10	90	1029.40	281.30	0.23	0.004	0.214
11	100	1021.10	273.00	0.20	0.003	0.182
12	110	1014.70	266.60	0.17	0.003	0.154
13	120	1008.60	260.50	0.14	0.002	0.130
14	130	1003.80	255.70	0.12	0.002	0.112
15	140	1000.00	251.90	0.10	0.001	0.097
16	150	996.90	248.80	0.09	0.001	0.084
17	160	994.20	246.10	0.08	0.000	0.076
18	170	993.20	245.10	0.07	0.000	0.071
19	180	992.20	244.10	0.07	0.001	0.067
20	190	991.00	242.90	0.06	0.000	0.062
21	200	990.10	242.00	0.06	0.000	0.058
22	210	989.00	240.90	0.06	0.000	0.053
23	220	988.10	240.00	0.05	0.000	0.049
24	230	987.20	239.10	0.05	0.005	0.024

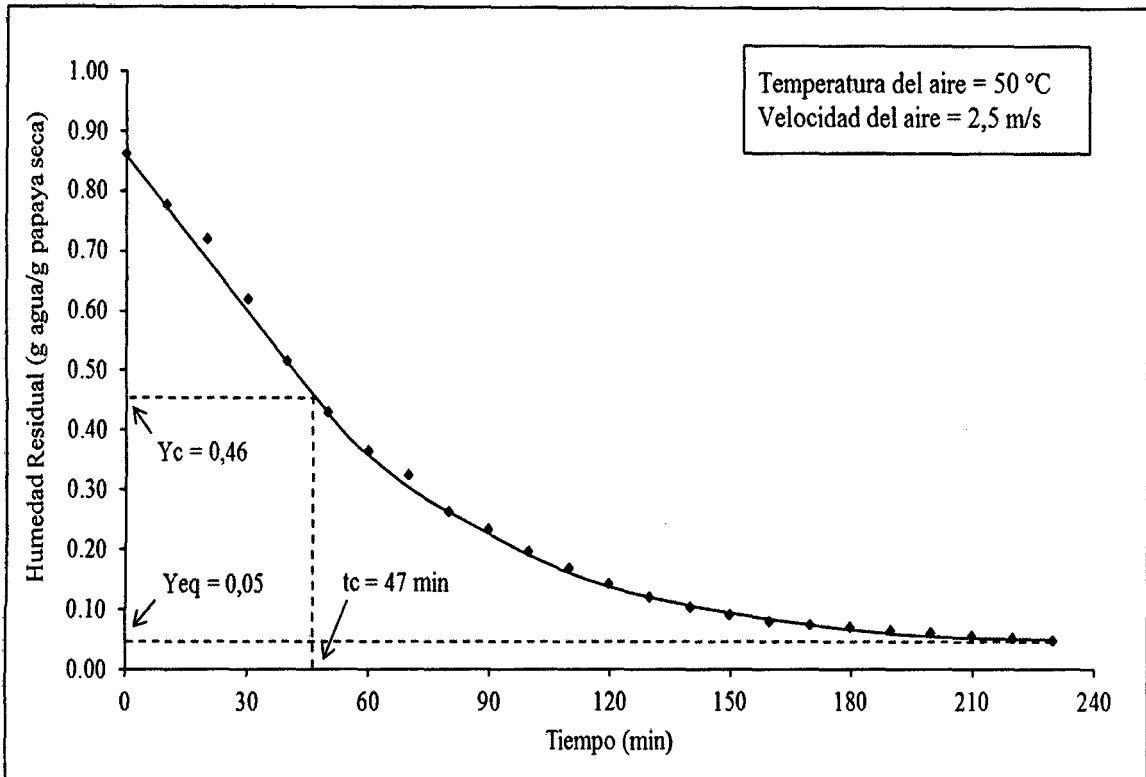


Figura 22. Humedad residual en función del tiempo ($T_1 = 50\text{ }^\circ\text{C}$; $W_1 = 2,5\text{ m/s}$)

Análisis de regresión lineal con el SPSS ($T_1 = 50\text{ }^\circ\text{C}$; $W_1 = 2.5\text{ m/s}$)

Tabla 36. Resumen del modelo de regresión lineal ($T_1 = 50\text{ }^\circ\text{C}$; $W_1 = 2,5\text{ m/s}$)

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0.994	0.988	0.984	0.018

La variable independiente es tiempo.

Tabla 37. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal ($T_1 = 50\text{ }^\circ\text{C}$; $W_1 = 2,5\text{ m/s}$)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	0.074	1	0.074	241.174	0.001
Residual	0.001	3	0.000		
Total	0.075	4			

La variable independiente es tiempo.

Tabla 38. Coeficiente de la ecuación lineal (T1 = 50 °C; W1 = 2,5 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo	-0.009	0.001	-0.994	-15.530	0.001
(Constante)	0.870	0.014		64.137	0.000

La ecuación de la línea recta será de la forma: $Y = -0,009X + 0,870$

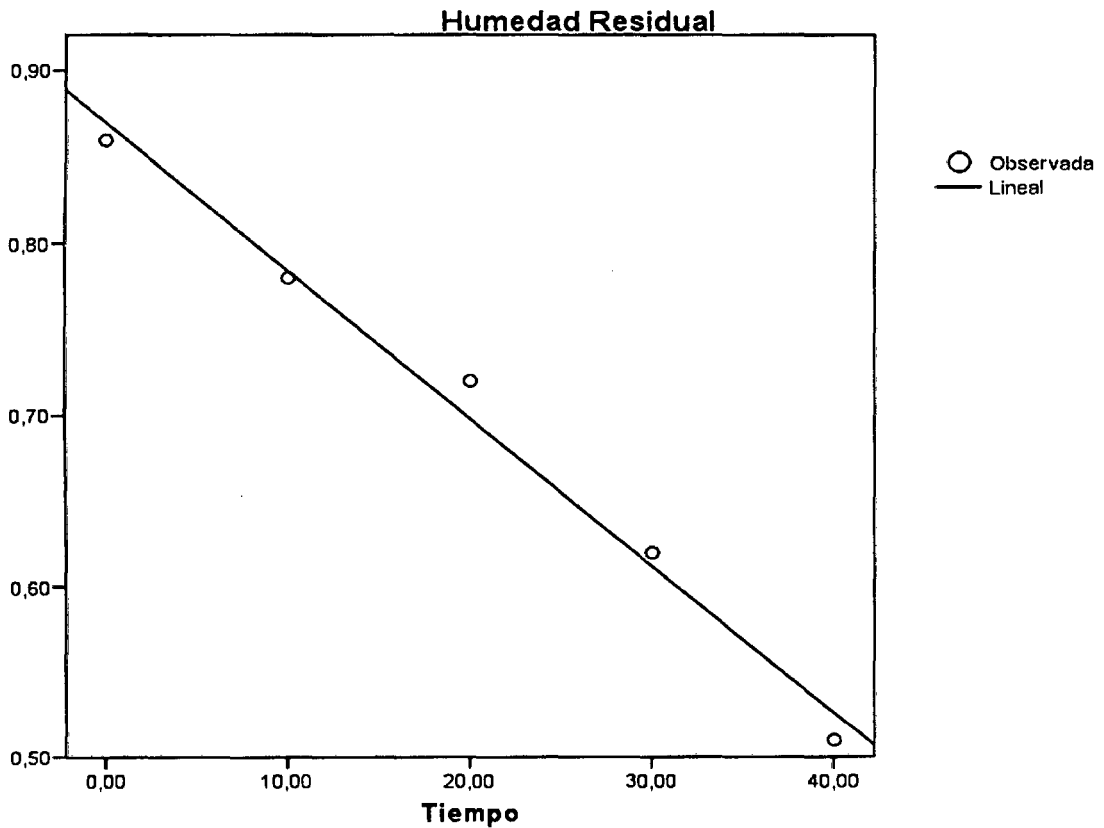


Figura 23. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS. (T1 = 50 °C; W1 = 2,5 m/s)

Análisis de regresión exponencial con el SPSS (T1 = 50 °C; W1 = 2,5 m/s)

Tabla 39. Resumen del modelo de regresión exponencial (T1 = 50 °C; W1 = 2,5 m/s)

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0.983	0.967	0.965	0.133

La variable independiente es tiempo.

Tabla 40. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión exponencial
(T1 = 50 °C; W1 = 2,5 m/s)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	8.760	1	8.760	494.652	0.000
Residual	0.301	17	0.018		
Total	9.061	18			

La variable independiente es tiempo.

Tabla 41. Coeficiente de la ecuación exponencial (T1 = 50 °C; W1 = 2,5 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo	-0.012	0.001	-0.983	-22.241	0.000
(Constante)	0.681	0.057		11.934	0.000

La variable dependiente es ln(Humedad).

La ecuación de la curva exponencial será de la forma: $Y = 0,681e^{(-0,012X)}$

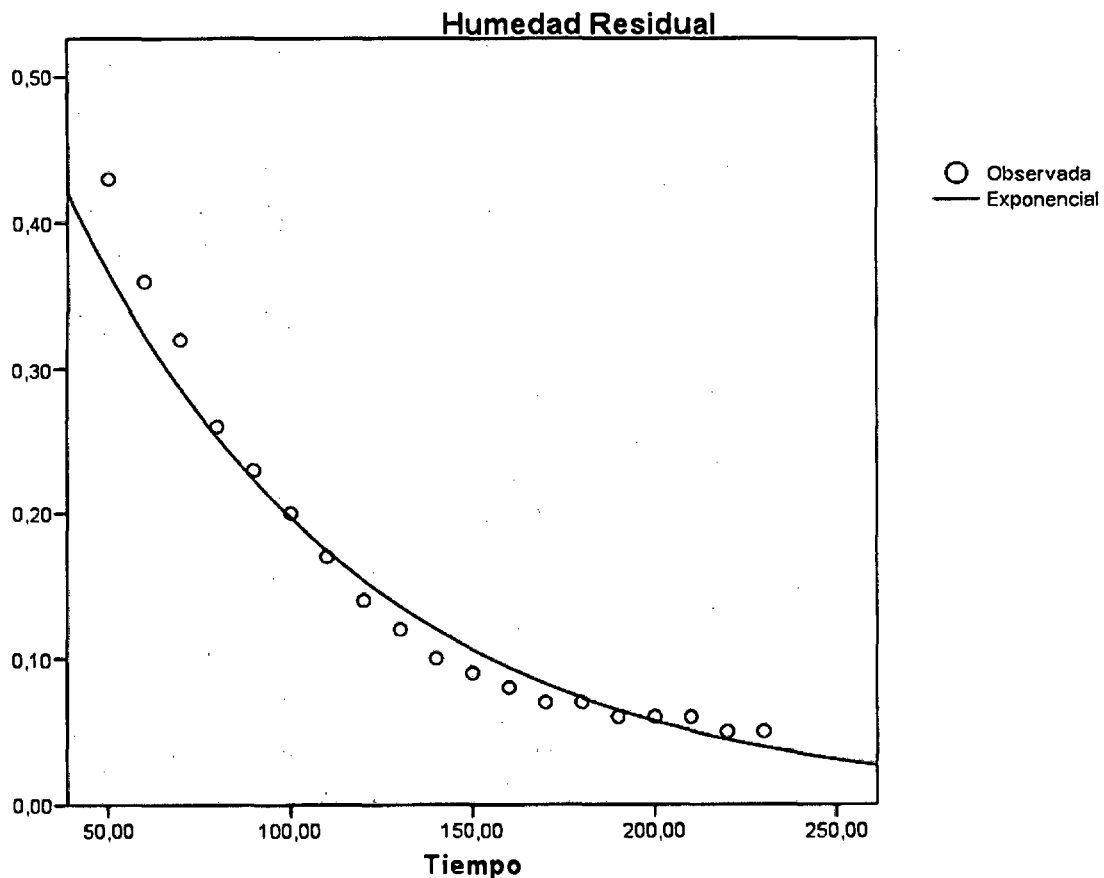


Figura 24. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS.
(T1 = 50 °C; W1 = 2,5 m/s)

Tabla 42. Datos experimentales de secado de tiras de papaya, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a 50°C y velocidad de 3,5 m/s (SB = 750,0 g S = 187,06 g)

	t	P1	P2 = P1-SB	(P2-S)/S		
Nº	Tiempo (min)	Peso estructura + papaya al tiempo t (g)	Peso papaya al tiempo t (g)	Humedad residual (g agua/g papaya seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/g papaya seca)
1	0	1100.80	350.80	0.88	0.014	0.807
2	10	1075.10	325.10	0.74	0.011	0.681
3	20	1053.70	303.70	0.62	0.011	0.566
4	30	1032.30	282.30	0.51	0.011	0.454
5	40	1011.60	261.60	0.40	0.011	0.346
6	50	991.80	241.80	0.29	0.005	0.268
7	60	982.50	232.50	0.24	0.005	0.219
8	70	973.60	223.60	0.20	0.003	0.181
9	80	968.20	218.20	0.17	0.002	0.154
10	90	963.70	213.70	0.14	0.002	0.131
11	100	959.60	209.60	0.12	0.001	0.115
12	110	957.50	207.50	0.11	0.001	0.103
13	120	955.30	205.30	0.10	0.001	0.093
14	130	953.60	203.60	0.09	0.001	0.081
15	140	951.00	201.00	0.07	0.001	0.071
16	150	949.60	199.60	0.07	0.001	0.061
17	160	947.30	197.30	0.05	0.001	0.051
18	170	946.00	196.00	0.05	0.000	0.047
19	170	945.60	195.60	0.05	0.005	0.023

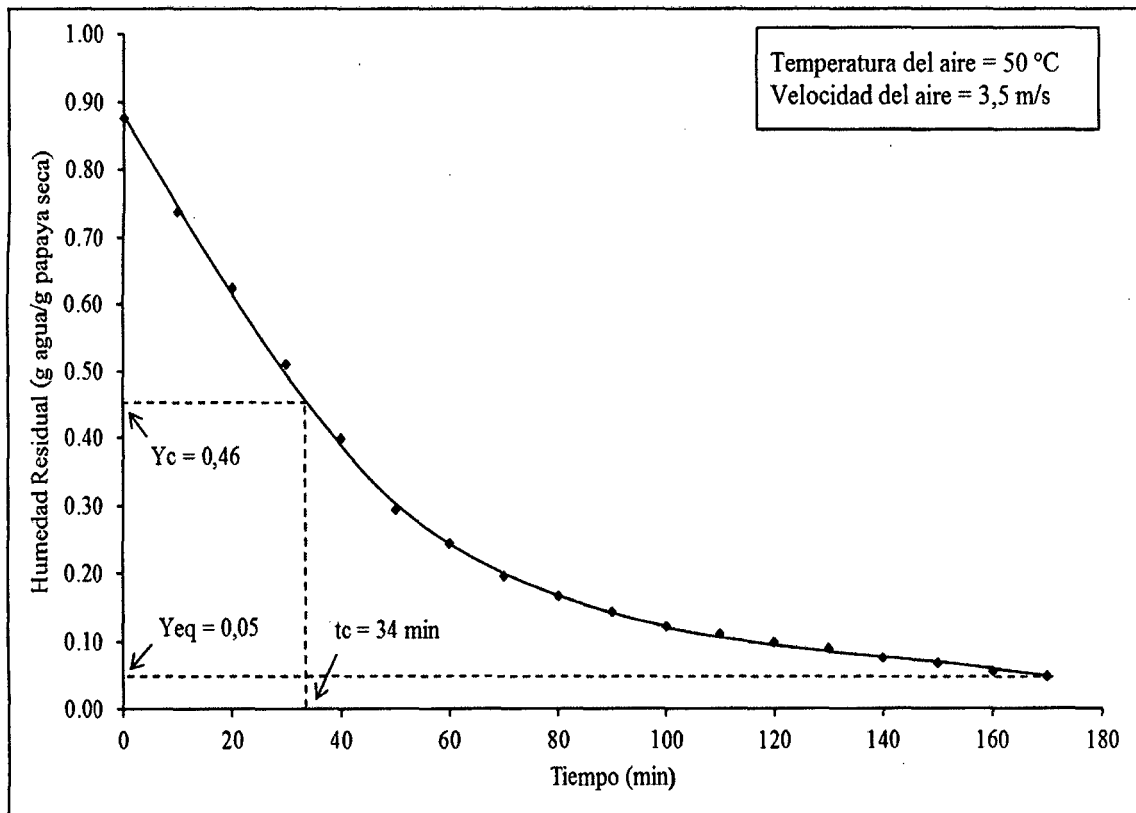


Figura 25. Humedad residual en función del tiempo (T1 = 50 °C; W1 = 3,5 m/s)

Análisis de regresión lineal con el SPSS (T1 = 50 °C; W1 = 3.5 m/s)

Tabla 43. Resumen del modelo de regresión lineal (T1 = 50 °C; W1 = 3,5 m/s)

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0.998	0.997	0.995	0.011

La variable independiente es tiempo.

Tabla 44. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal (T1 = 50 °C; W1 = 3,5 m/s)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	0.076	1	0.076	657.783	0.002
Residual	0.000	2	0.000		
Total	0.076	3			

La variable independiente es tiempo.

Tabla 45. Coeficiente de la ecuación lineal (T1 = 50 °C; W1 = 3,5 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo	-0.012	0.000	-0.998	-25.647	0.002
(Constante)	0.872	0.009		97.189	0.000

La ecuación de la línea recta será de la forma: $Y = -0,012X + 0,872$

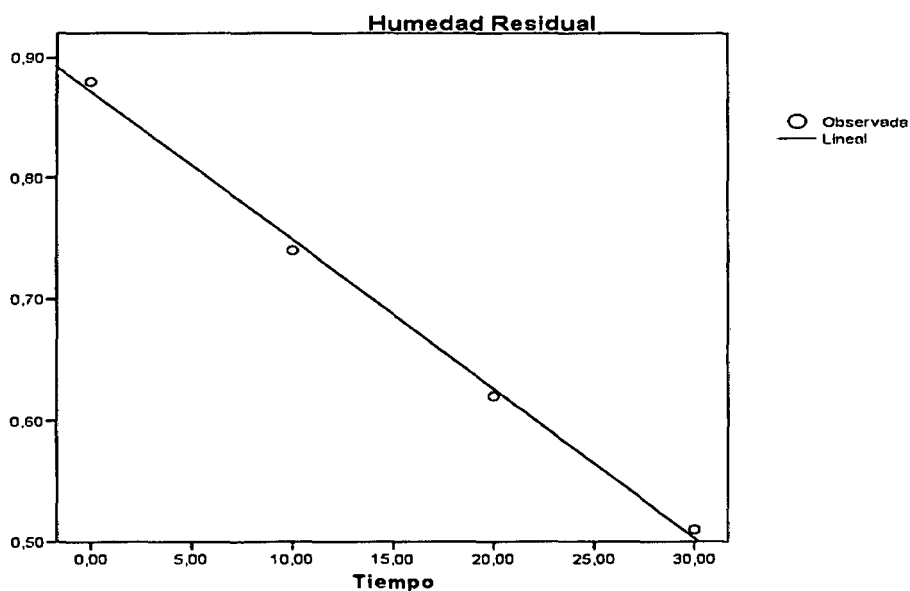


Figura 26. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS. (T1 = 50 °C; W1 = 3,5 m/s)

Análisis de regresión exponencial con el SPSS (T1 = 50 °C; W1 = 3,5 m/s)

Tabla 46. Resumen del modelo de regresión exponencial (T1 = 50 °C; W1 = 3,5 m/s)

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0.992	0.983	0.982	0.088

La variable independiente es tiempo.

Tabla 47. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión exponencial (T1 = 50 °C; W1 = 3,5 m/s)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	6.003	1	6.003	771.433	0.000
Residual	0.101	13	0.008		
Total	6.104	14			

La variable independiente es tiempo.

Tabla 48. Coeficiente de la ecuación exponencial (T1 = 50 °C; W1 = 3,5 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo	-0.015	0.001	-0.992	-27.775	0.000
(Constante)	0.599	0.038		15.805	0.000

La variable dependiente es ln(Humedad).

La ecuación de la curva exponencial será de la forma: $Y = 0,599e^{(-0,015X)}$

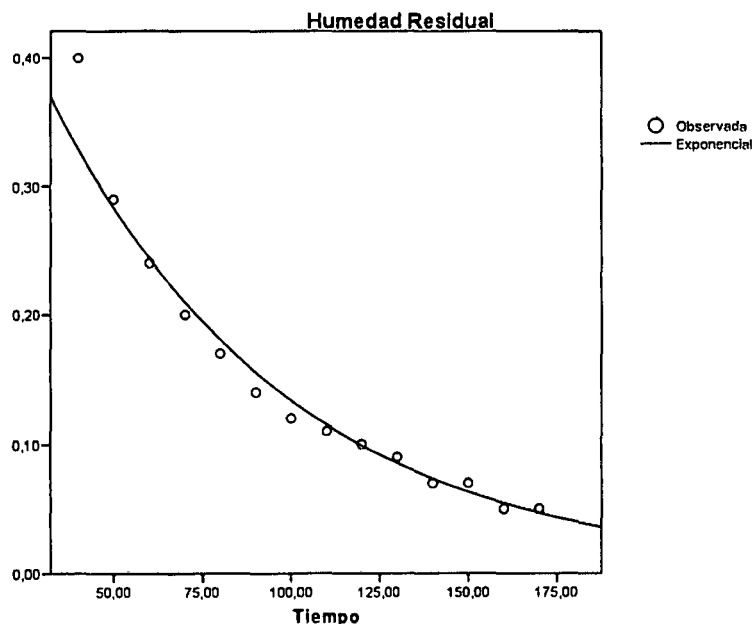


Figura 27. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS. (T1 = 50 °C; W1 = 3,5 m/s)

ANEXO 8

Resultados de las corridas experimentales de secado de tiras de papaya realizadas con aire a 60 °C y velocidades de 1,5, 2,5 y 3,5 m/s

Tabla 49. Datos experimentales de secado de tiras de papaya, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a 60 °C y velocidad de 1,5 m/s (SB = 866,8 g S = 213,45 g)

Nº	t Tiempo (min)	P1 Peso estructura + papaya al tiempo t (g)	P2 = P1-SB Peso papaya al tiempo t (g)	(P2-S)/S Humedad residual (g agua/g papaya seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/g papaya seca)
1	0	1240.10	373.30	0.75	0.009	0.705
2	10	1221.20	354.40	0.66	0.009	0.614
3	20	1201.40	334.60	0.57	0.010	0.520
4	30	1181.10	314.30	0.47	0.008	0.431
5	40	1163.40	296.60	0.39	0.009	0.343
6	50	1143.60	276.80	0.30	0.006	0.265
7	60	1129.90	263.10	0.23	0.004	0.211
8	70	1120.60	253.80	0.19	0.003	0.175
9	80	1114.70	247.90	0.16	0.002	0.150
10	90	1110.00	243.20	0.14	0.003	0.126
11	100	1104.10	237.30	0.11	0.002	0.101
12	110	1099.60	232.80	0.09	0.001	0.084
13	120	1096.90	230.10	0.08	0.002	0.069
14	130	1093.20	226.40	0.06	0.000	0.059
15	140	1092.60	225.80	0.06	0.000	0.056
16	150	1091.60	224.80	0.05	0.000	0.052
17	160	1091.05	224.25	0.05	0.000	0.050
18	170	1090.60	223.80	0.05	0.000	0.047
19	180	1090.10	223.30	0.05	0.005	0.023

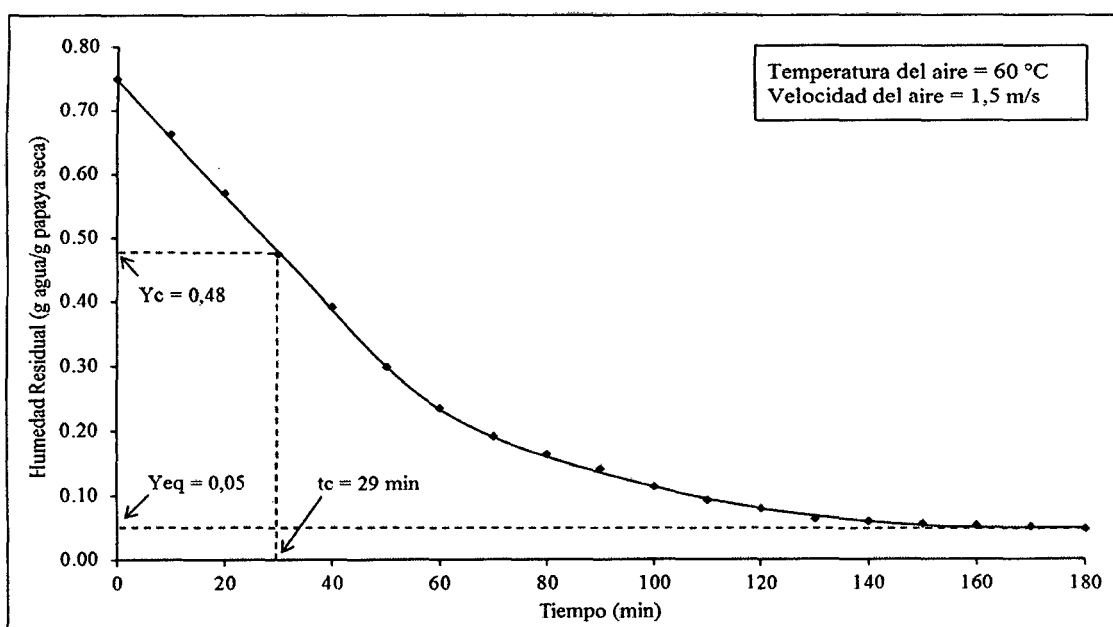


Figura 28. Humedad residual en función del tiempo (T1 = 60 °C; W1 = 1,5 m/s)

Análisis de regresión lineal con el SPSS (T1 = 60 °C; W1 = 1.5 m/s)

Tabla 50. Resumen del modelo de regresión lineal (T1 = 60 °C; W1 = 1,5 m/s)

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
1.000	0.999	0.999	0.004

La variable independiente es tiempo.

Tabla 51. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal (T1 = 60 °C; W1 = 1,5 m/s)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	0.043	1	0.043	2883.000	0.000
Residual	0.000	2	0.000		
Total	0.043	3			

La variable independiente es tiempo.

Tabla 52. Coeficiente de la ecuación lineal (T1 = 60 °C; W1 = 1,5 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo	-0.009	0.000	-1.000	-53.694	0.000
(Constante)	0.752	0.003		232.072	0.000

La ecuación de la línea recta será de la forma: $Y = -0,009X + 0,752$

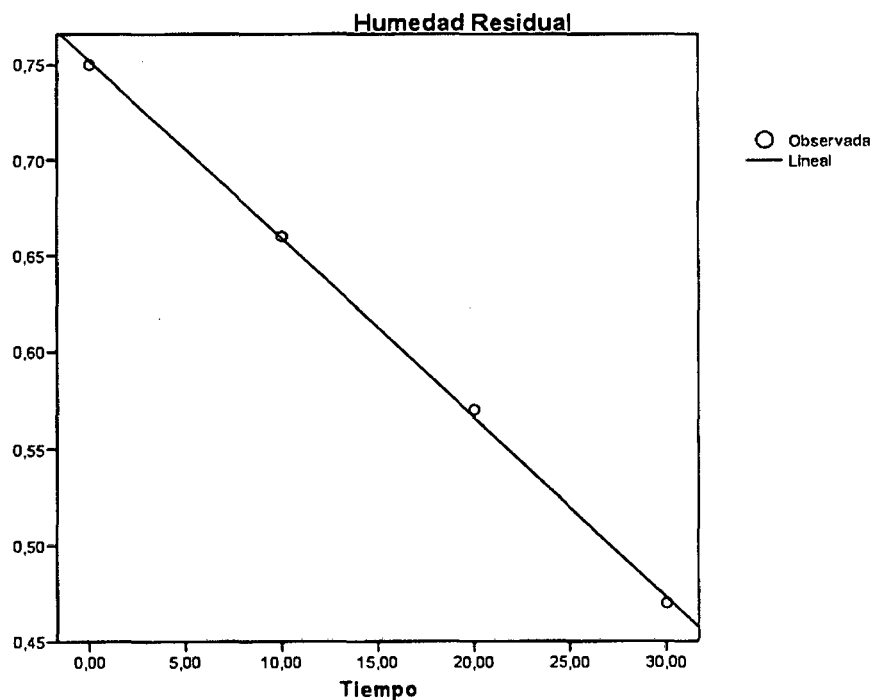


Figura 29. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS. (T1 = 60 °C; W1 = 1,5 m/s)

Análisis de regresión exponencial con el SPSS (T1 = 60 °C; W1 = 1,5 m/s)

Tabla 53. Resumen del modelo de regresión exponencial (T1 = 60 °C; W1 = 1,5 m/s)

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0.974	0.949	0.945	0.166

La variable independiente es tiempo.

Tabla 54. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión exponencial (T1 = 60 °C; W1 = 1,5 m/s)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	6.621	1	6.621	240.254	0.000
Residual	0.358	13	0.028		
Total	6.979	14			

La variable independiente es tiempo.

Tabla 55. Coeficiente de la ecuación exponencial (T1 = 60 °C; W1 = 1,5 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo	-0.015	0.001	-0.974	-15.500	0.000
(Constante)	0.569	0.067		8.529	0.000

La variable dependiente es ln(Humedad).

La ecuación de la curva exponencial será de la forma: $Y = 0,569e^{(-0,015X)}$

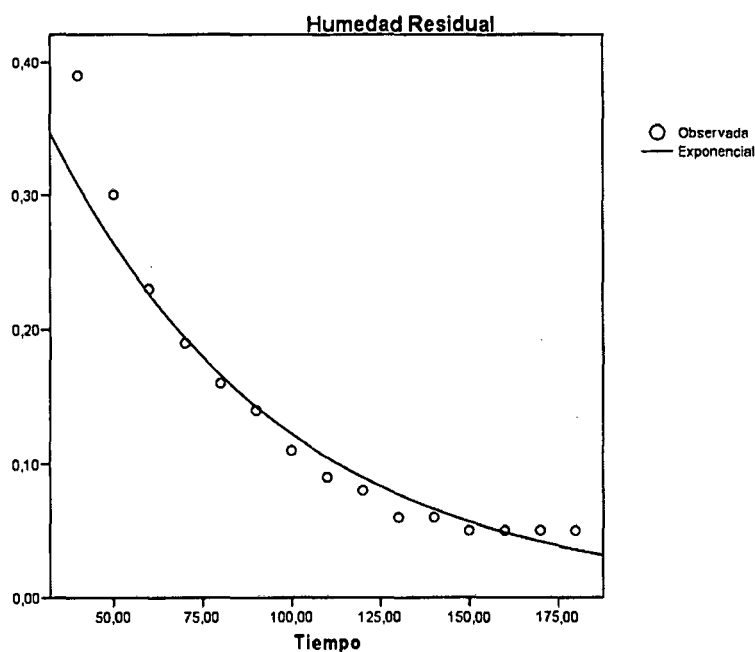


Figura 30. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS. (T1 = 60 °C; W1 = 1,5 m/s)

Tabla 56. Datos experimentales de secado de tiras de papaya, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a 60 °C y velocidad de 2,5 m/s (SB = 865,8 g S = 182,6 g)

	t	P1	P2 = P1-SB	(P2-S)/S		
N°	Tiempo (min)	Peso estructura + papaya al tiempo t (g)	Peso papaya al tiempo t (g)	Humedad residual (g agua/g papaya seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/g papaya seca)
1	0	1200.30	334.50	0.83	0.015	0.755
2	10	1172.30	306.50	0.68	0.015	0.603
3	20	1144.60	278.80	0.53	0.014	0.458
4	30	1119.60	253.80	0.39	0.011	0.333
5	40	1098.90	233.10	0.28	0.008	0.239
6	50	1085.10	219.30	0.20	0.005	0.176
7	60	1075.80	210.00	0.15	0.003	0.133
8	70	1069.60	203.80	0.12	0.002	0.104
9	80	1065.20	199.40	0.09	0.001	0.085
10	90	1062.50	196.70	0.08	0.001	0.073
11	100	1060.80	195.00	0.07	0.001	0.064
12	110	1059.30	193.50	0.06	0.001	0.057
13	120	1058.20	192.40	0.05	0.000	0.051
14	130	1057.30	191.50	0.05	0.005	0.024

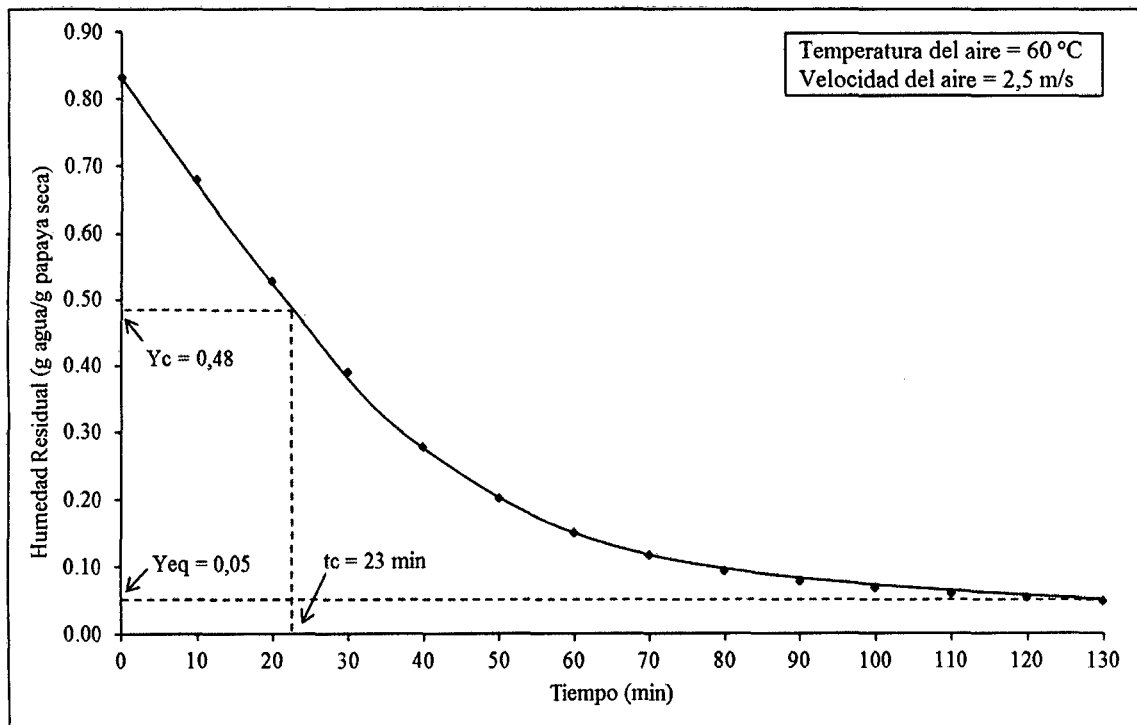


Figura 31. Humedad residual en función del tiempo (T1 = 60 °C; W1 = 2,5 m/s)

Análisis de regresión lineal con el SPSS (T1 = 60 °C; W1 = 2,5 m/s)

Tabla 57. Resumen del modelo de regresión lineal (T1 = 60 °C; W1 = 2,5 m/s)

	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
	1.000	1.000	0.000

La variable independiente es tiempo.

Tabla 58. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal (T1 = 60 °C; W1 = 2,5 m/s)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	0.045	1	0.045	.	.
Residual	0.000	1	0.000		
Total	0.045	2			

La variable independiente es tiempo.

Tabla 59. Coeficiente de la ecuación lineal (T1 = 60 °C; W1 = 2,5 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo	-0.015	0.000	-1.000	.	.
(Constante)	0.830	0.000		.	.

La ecuación de la línea recta será de la forma: $Y = -0,015X + 0,830$

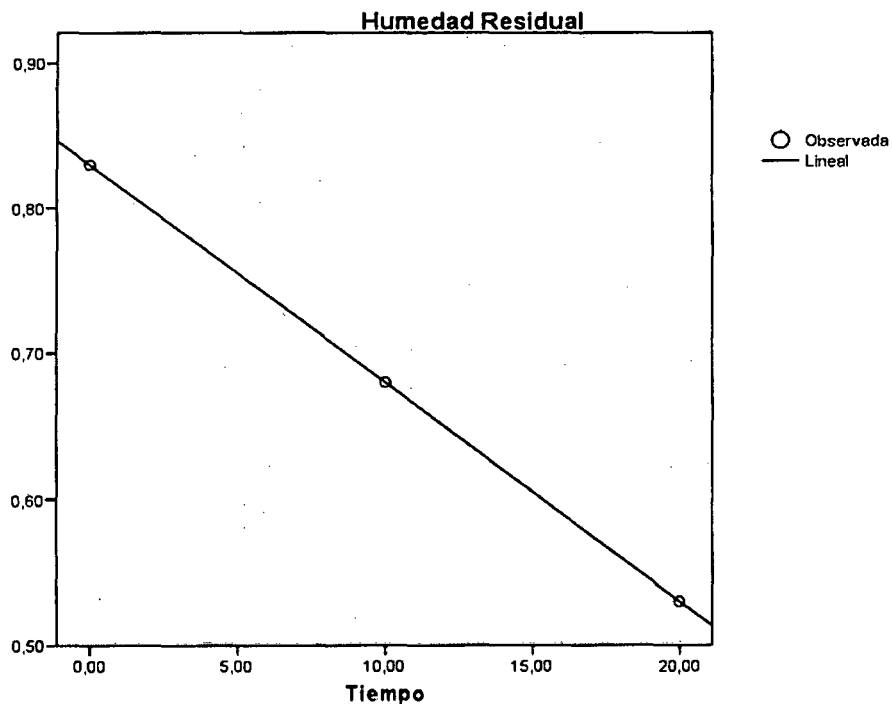


Figura 32. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS. (T1 = 60 °C; W1 = 2,5 m/s)

Análisis de regresión exponencial con el SPSS (T1 = 60 °C; W1 = 2,5 m/s)

Tabla 60. Resumen del modelo de regresión exponencial (T1 = 60 °C; W1 = 2,5 m/s)

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0.979	0.958	0.953	0.152

La variable independiente es tiempo.

Tabla 61. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión exponencial (T1 = 60 °C; W1 = 2,5 m/s)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	4.686	1	4.686	203.992	0.000
Residual	0.207	9	0.023		
Total	4.893	10			

La variable independiente es tiempo.

Tabla 62. Coeficiente de la ecuación exponencial (T1 = 60 °C; W1 = 2,5 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo	-0.021	0.001	-0.979	-14.283	0.000
(Constante)	0.576	0.072		8.044	0.000

La variable dependiente es ln(Humedad).

La ecuación de la curva exponencial será de la forma: $Y = 0,576e^{(-0,021X)}$

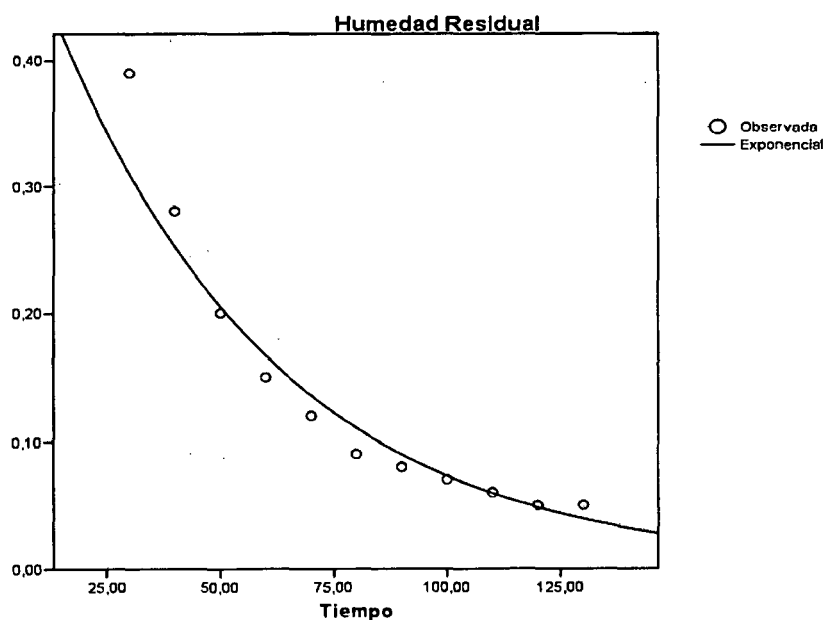


Figura 33. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS. (T1 = 60 °C; W1 = 2,5 m/s)

Tabla 63. Datos experimentales de secado de tiras de papaya, en el secador de bandejas con flujo de aire caliente a 60 °C y velocidad de 3,5 m/s (SB = 866,50 g S = 241,36 g)

	t	P1	P2 = P1-SB	(P2-S)/S		
N°	Tiempo (min)	Peso estructura + papaya al tiempo t (g)	Peso papaya al tiempo t (g)	Humedad residual (g agua/g papaya seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/g papaya seca)
1	0	1294.80	428.30	0.77	0.018	0.682
2	10	1250.30	383.80	0.59	0.019	0.496
3	20	1205.00	338.50	0.40	0.008	0.361
4	30	1184.80	318.30	0.32	0.006	0.288
5	40	1170.00	303.50	0.26	0.007	0.222
6	50	1152.90	286.40	0.19	0.005	0.162
7	60	1140.90	274.40	0.14	0.004	0.119
8	70	1132.30	265.80	0.10	0.002	0.089
9	80	1126.30	259.80	0.08	0.002	0.067
10	90	1121.80	255.30	0.06	0.001	0.055
11	100	1120.40	253.90	0.05	0.000	0.051
12	110	1119.80	253.30	0.05	0.000	0.049
13	120	1119.40	252.90	0.05	0.005	0.024

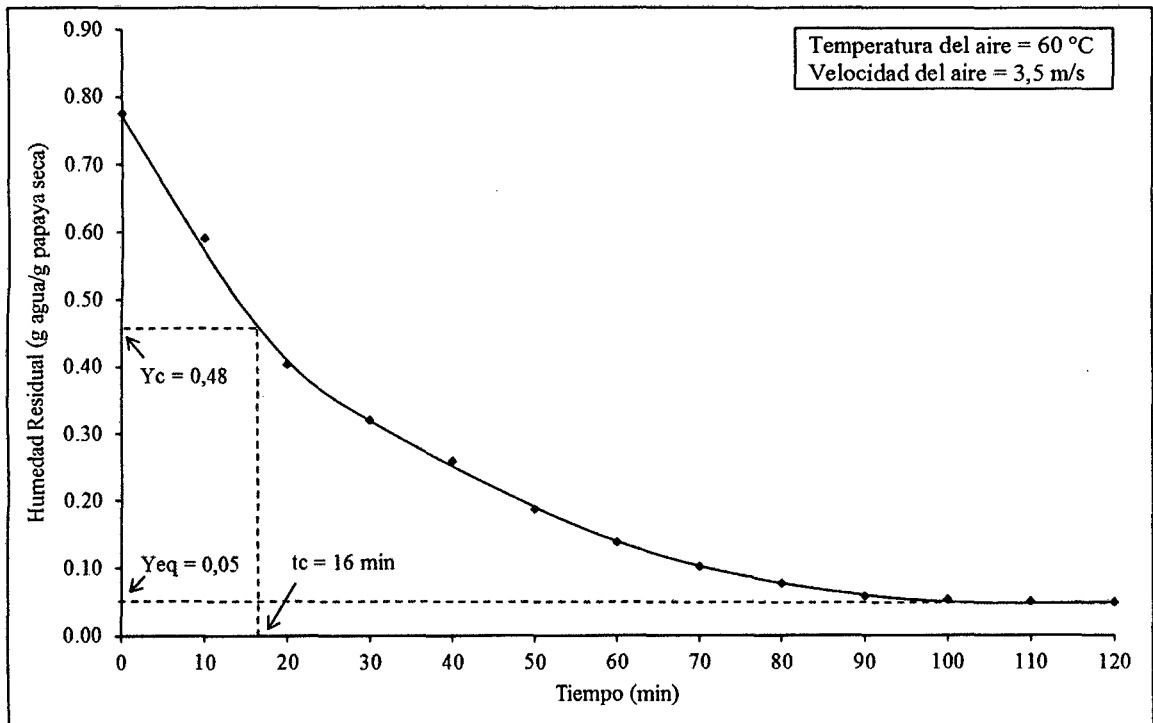


Figura 34. Humedad residual en función del tiempo (T1 = 60 °C; W1 = 3,5 m/s)

Análisis de regresión lineal con el SPSS (T1 = 60 °C; W1 = 3,5 m/s)

Tabla 64. Resumen del modelo de regresión lineal (T1 = 60 °C; W1 = 3,5 m/s)

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
1.000	1.000	.	.

La variable independiente es tiempo.

Tabla 65. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión lineal (T1 = 60 °C; W1 = 3,5 m/s)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	0.016	1	0.016	.	.
Residual	0.000	0	.	.	.
Total	0.016	1	.	.	.

La variable independiente es tiempo.

Tabla 66. Coeficiente de la ecuación lineal (T1 = 60 °C; W1 = 3,5 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo	-0.018	0.000	-1.000	.	.
(Constante)	0.770	0.000	.	.	.

La ecuación de la línea recta será de la forma: $Y = -0,018X + 0,770$

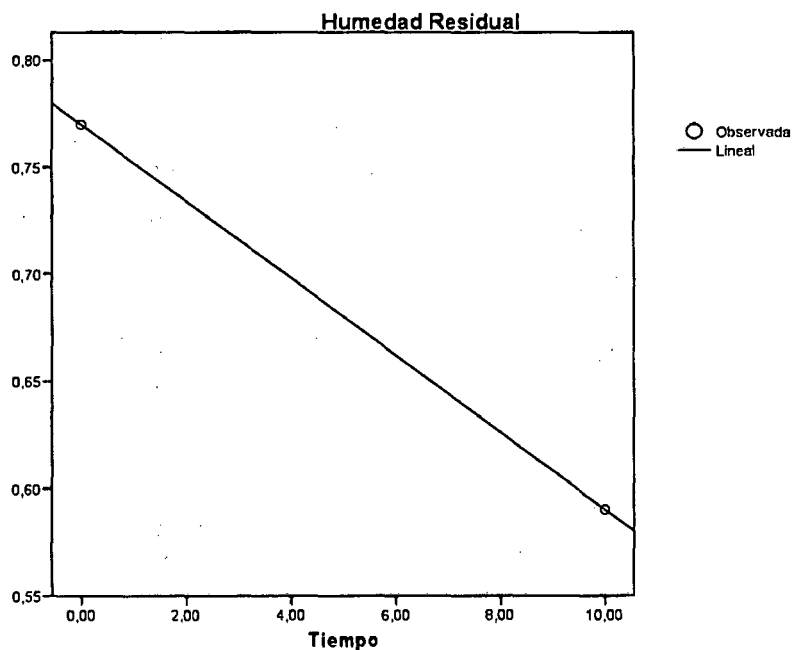


Figura 35. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS. (T1 = 60 °C; W1 = 3,5 m/s)

Análisis de regresión exponencial con el SPSS (T1 = 60 °C; W1 = 3,5 m/s)

Tabla 67. Resumen del modelo de regresión exponencial (T1 = 60 °C; W1 = 3,5 m/s)

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0.981	0.962	0.957	0.163

La variable independiente es tiempo.

Tabla 68. Análisis de varianza (ANOVA) del modelo de regresión exponencial (T1 = 60 °C; W1 = 3,5 m/s)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	5.973	1	5.973	225.722	0.000
Residual	0.238	9	0.026		
Total	6.212	10			

La variable independiente es tiempo.

Tabla 69. Coeficiente de la ecuación logarítmica (T1 = 60 °C; W1 = 3,5 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo	-0.023	0.002	-0.981	-15.024	0.000
(Constante)	0.595	0.071		8.394	0.000

La variable dependiente es ln(Humedad).

La ecuación de la curva exponencial será de la forma: $Y = 0,595e^{(-0,023X)}$

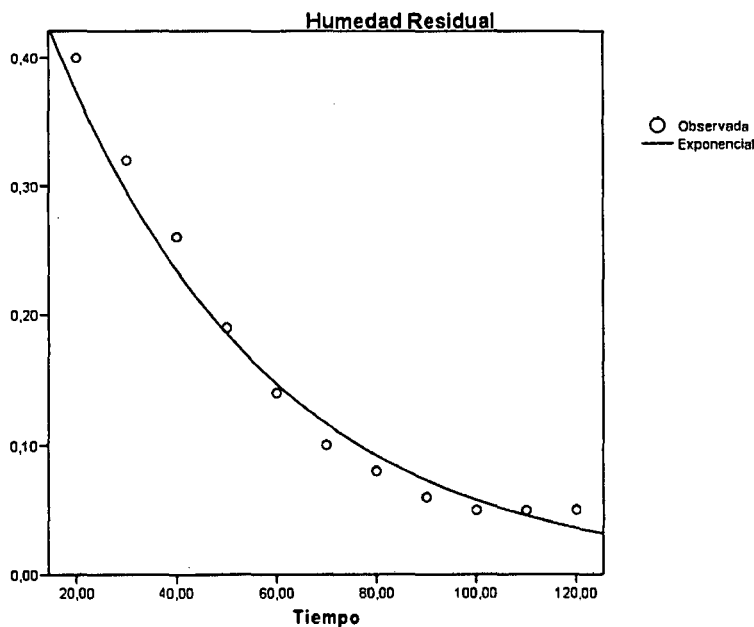


Figura 36. Representación de los datos experimentales generado por el SPSS. (T1 = 60 °C; W1 = 3,5 m/s)

ANEXO 9

Análisis Físicoquímico de la harina de papaya

1. Determinación de proteínas

Se empleó el método de Kjeldahl que se basa en la determinación del nitrógeno total, y en base a este determinar el porcentaje de proteínas presentes en el hongo.

Procedimiento

Digestión

- a. Se encendió el equipo compacto de digestión MBC/02 y se seleccionó 420°C como la temperatura de trabajo.
- b. Se colocó dentro del tubo del equipo 1g de muestra (w) + 5 g de catalizador (selenio, sulfato potásico y sulfato de cobre anhidro) + 15 ml de ácido sulfúrico concentrado.
- c. Se colocó el colector de humos y se encendió la campana extractora.
- d. Se colocó los tubos en el sistema calefactor cuando éste ha alcanzado la temperatura de trabajo.
- e. Se esperó entre 45 minutos a 1 hora para que termine la digestión. El material contenido en el tubo se tornó de color verde esmeralda translúcido, lo cual indicó el final de la digestión.
- f. Se retiró los tubos del sistema calefactor y se dejó enfriar hasta aproximadamente 60 - 80°C.
- g. Se agregó inmediatamente 75 ml de agua destilada. Se dejó enfriar los tubos hasta temperatura ambiente.

Destilación

- a. Se colocó el tubo de muestra en el soporte del destilador de nitrógeno DNP-2000.

- b. Se agregó en una matraz de 250 ml, 25ml de solución (ácido bórico + indicador mixto (rojo de metilo, alcohol etílico, ácido clorhídrico y verde bromocresol)) y se sumergió en éste el tubo de salida del destilador.
- c. Se programó en 2 minutos el reloj controlador de NaOH y se presionó el botón START del equipo, automáticamente se agregó 80 ml de NaOH al tubo de muestra, pasado este tiempo se regresó el reloj a cero.
- d. Se programó en 8 minutos el reloj controlador de DESTILACIÓN y se presionó el botón START del equipo, automáticamente empezó la destilación de la muestra durante el tiempo programado, pasado este tiempo se regresó el reloj a cero.
- e. Se recogió el producto de la destilación en el matraz hasta un volumen de 150 mL, tomando una coloración verde claro.
- f. Se programó en 10 minutos el reloj controlador de SUCCIÓN y se presionó el botón START del equipo, automáticamente empezó la succión del residuo contenido en el tubo de muestra durante el tiempo programado, pasado este tiempo se regresó el reloj a cero.
- g. Se llenar el tubo con agua destilada y se repitió el paso anterior.
- h. Se retiró el matraz del equipo para realizar la titulación.

Titulación

- a. Se llenó la bureta automática con HClO, 25N y se tituló hasta un viraje de color palo de rosa.
- b. Se calculó el porcentaje de nitrógeno mediante la siguiente ecuación:

$$\%N = 100 \left[\frac{0.014(V * N)}{W} \right] \quad (1)$$

Dónde:

% N: porcentaje de nitrógeno

V: volumen

W: peso de muestra (g)

El porcentaje de proteína se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ proteína} = \% \text{ N} * f$$

Dónde:

f: Factor de harina : 5,70

2. Determinación de vitamina C reducida por titulación con 2-6 diclorofenolindofenol.

El método empleado para la determinación de vitamina C en su forma reducida, pero existen métodos también para la determinación de vitamina C total.

- Colocar 40g de muestra en una homogenizadora. Agregar 200 ml de solución al 0.5 % de ácido oxálico a la homogenizadora y desintegrarla por cinco minutos. La mezcla puede ser centrifugada o filtrada. Poner la solución filtrada en un Erlenmeyer. Si la muestra tuviera una coloración oscura (rosado o rojo intenso), la cual dificultará la determinación, será preciso añadirle a la muestra filtrada 1 % de carbón activado y agitarla durante media hora, siguiéndose con el filtrado posteriormente.
- Pipetear 30 ml de la solución filtrada en un Erlenmeyer de 50 ml y titular rápidamente hasta obtener un color rosado débil, con la solución de 2,6 diclorofenolindofenol.
- Hacer titulación de un blanco sobre 30 ml de la solución acida y restar este valor del valor de las otras titulaciones.
- Para titular el agua de blanqueo utilizar 100 ml de la alícuota y agregar 0.5g de ácido oxálico.

- El equivalente en ácido ascórbico por ml de solución 2-6 diclorofenolindofenol será calculado previamente.
- Anotar el volumen de solución de 2, 6-diclorofenolindofenol utilizado en cada determinación. Las determinaciones se harán por duplicado. Anotar cualquier observación.
- Calcular el contenido total de ácido ascórbico en producto fresco, blanqueado y agua de blanqueado, según la siguiente fórmula:

$$\text{mg de ácido ascórbico por 100 g de muestra} = \frac{V * T * 100}{W}$$

Dónde:

V: ml de colorante utilizados para titular una alícuota de muestra.

T: Equivalente en Ác. Ascórbico de la solución del colorante expresado en mg por ml de colorante.

W: g de muestra en la alícuota titulada.

- Determinar el porcentaje de pérdida de ácido ascórbico causado por el escaldado de acuerdo al contenido del producto fresco y escaldado (esta última determinación se hará sobre la base de peso total).

EQUIVALENCIA

Gasto de 2,6 DFIF-----1mg de Ác. Ascórbico

1ml de 2,6 DFIF -----x

X= la multiplicación de la muestra vit. C (mg/100g)

$$\text{mg de Ác. Ascórbico por 100g de muestra} = \frac{V \times T \times 100}{W}$$

Dónde:

V: ml de colorante utilizado para titular una alícuota de muestra

T: equivalente en Ác. Ascórbico de la solución del colorante expresado en mg por ml de colorante, W: g de muestra.

ANEXO 10

Análisis Microbiológico de la harina de papaya

Para la recolección de los datos se elaboró un formato para cada método empleado en donde se consignaron los resultados durante la investigación. La metodología empleada para realizar el análisis de la harina se llevó a cabo de la siguiente manera: se tomó la muestra de harina naturalmente susceptible a la contaminación por los microorganismos de estudio. De cada muestra se realizaron tres replicas por cada una de las dos últimas diluciones. También se realizó control negativo de cada uno de los medios empleados.

1. Dilución y homogenización de las muestras

- La muestra se agitó manualmente antes de iniciar la prueba.
- Se verificó la integridad del recipiente o del empaque que contenía la muestra, para abrirlo posteriormente de forma aséptica.
- Se pesaron 10 gr de la muestra de pulpa de papaya y se agregaron a un matraz o frasco de Erlenmeyer con 90 ml agua peptonada.
- Posteriormente se agitaron manualmente.
- Se realizaron diluciones seriadas con agua peptonada en base 10 (obteniendo así las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5}).

2. Recuento de Enterobacterias

Análisis Microbiológico

- Se preparó la muestra y las diluciones de los homogenizados.
- Se transfirió por triplicado, alícuotas de 1 ml de las diluciones 10^{-4} y 10^{-5} en cajas de petri estériles.

- Se vertió en las cajas de petri, 15 – 20 ml de Agar Mac Conkey fundido a una temperatura de 45°C.
- Posteriormente se mezcló el inóculo con el medio de cultivo fundido.
- Una vez solidificado el medio de cultivo se invirtieron las placas y se incubaron a 35°+/-2°C durante 48 horas.
- Posteriormente se realizó el recuento de unidades formadoras de colonia por gramo, teniendo en cuenta el factor de dilución y el rango de recuento establecido para estos microorganismos.

3. Recuento de *Salmonella-Shigella*

Análisis Microbiológico

- Se preparó la muestra y las diluciones de los homogenizados.
- Se vertió en las cajas de petri estériles, 15 – 20 ml de Agar SS (Agar *Salmonella-Shigella*), fundido a una temperatura de 45°C.
- Luego de dejar solidificar el medio de cultivo.
- Se transfirió por triplicado, alícuotas de 0.1 ml de las diluciones 10^{-4} y 10^{-5} .
- Con la espátula o asa de Drigalski, se realizó la siembra por disseminación, que consiste en extender la muestra por toda la superficie del medio de cultivo.
- Se invirtieron las placas y se incubaron a 22°+/-2°C durante 5-7 días.
- Posteriormente se realizó el recuento de unidades formadoras de colonia por gramo, teniendo en cuenta el factor de dilución y el rango de recuento establecido para estos microorganismos.

4. Recuento de Hongos y Levaduras

Análisis Microbiológico

- Se preparó la muestra y las diluciones de los homogenizados.

- Se vertió en las cajas de petri estériles, 15 – 20 ml de Agar Sabouraud y Agar Malta fundido a una temperatura de 45°C.
- Luego de deajo solidificar el medio de cultivo.
- Se transfirió por triplicado, alícuotas de 0.1 ml de las diluciones 10^{-3} y 10^{-4} .
- Con la espátula o asa de Drigalski, se realizó la siembra por diseminación, que consiste en extender la muestra por toda la superficie del medio de cultivo.
- Se invirtieron las placas y se incubaron a $22^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 5-7 días.
- Posteriormente se realizó el recuento de unidades formadoras de colonia por gramo, teniendo en cuenta el factor de dilución y el rango de recuento establecido para estos microorganismos.

5. Cálculo del Número de Unidades Formadoras de Colonias

Se realizó el conteo de células viables o unidades formadoras de colonias U.F.C. por cada g de muestra en placas de petri que contengan entre 30-300 colonias.

$$\text{U.F.C./g} = \text{N}^{\circ} \text{ de colonias} \times \text{Factor de dilución} \times \text{volumen de inóculo}$$

ANEXO 11

FORMATO TEST ESCALA HEDÓNICA

Nombre:.....Fecha:.....Hora:.....

Producto: Galletas con harina sucedáneas de papaya (Galleta de harina de papaya)

Por favor pruebe cada una de las muestras y califique usted el Color, Sabor, Olor y

Aspecto de acuerdo a la siguiente escala:

Me gusta muchísimo = 9

Me gusta mucho = 8

Me gusta moderadamente = 7

Me gusta ligeramente = 6

No me gusta ni me disgusta = 5

Me disgusta ligeramente = 4

Me disgusta moderadamente = 3

Me disgusta mucho = 2

Me disgusta muchísimo = 1

Muestra	Color	Sabor	Olor	Aspecto
1
2

Comentarios:.....

.....

.....