



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TRABAJO DE GRADO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
“INGENIERO AGROINDUSTRIAL”

TÍTULO DEL PROYECTO:
DETERMINACIÓN DE UN MODELO DE RATIO DE SECADO PARA EL
MATICO Y ORTIGA PARA LOS PRODUCTORES LOCALES DE LA
PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

AUTOR:
SEBASTIÁN ALBERTO GUERRERO LUZURIAGA

DIRECTOR: ING. LUIS ARBOLEDA ÁLVAREZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

PÁGINA DE REVISIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: DETERMINACIÓN DE UN MODELO DE RATIO DE SECADO PARA EL MATICO Y ORTIGA PARA LOS PRODUCTORES LOCALES DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO presentado por: Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga y dirigida por: Ing. Luis Arboleda.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Dr. Mario Salazar
Presidente



Firma

Ing. Luis Arboleda
Director



Firma

Ing. Paul Ricaurte
Miembro



Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, corresponde exclusivamente a: Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo”.



Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga

C.I. 060395057-7

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento eterno a la UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, a la Facultad de Ingeniería y a la Escuela de Ingeniería Agroindustrial por abrirme sus puertas y permitir formarme como profesional en sus aulas.

Deseo expresar mis sinceros agradecimientos a todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial, en especial al Ing. Luis Arboleda, Dr. Mario Salazar y al Ing. Paul Ricaurte por guiarme en el desarrollo de esta investigación.

Mi infinito agradecimiento a mi madre, hermano, abuelitos y tíos, por ser un pilar importante en mi vida, por sus consejos y buen ejemplo.

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen por llenar mi vida de éxitos, por bendecir cada uno de mis pasos.

A mi madre por hacer de mí un ser humano correcto, por su ejemplo, sacrificio, paciencia y amor.

A mi hermano por ser mi compañero de juegos, peleas, tristezas, sonrisas, por su apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL.....	VI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	IX
ÍNDICE DE CUADROS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
RESUMEN.....	XVIII

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	3
1.1. Secado.....	3
1.1.1. Definición.....	3
1.1.2. Aplicación.....	4
1.1.3. Secado de plantas aromáticas y medicinales.....	4
1.1.4. Métodos de secado.....	4
1.1.4.1. Secado directo.....	4
1.1.4.2. Secado indirecto.....	4
1.1.4.3. Secado por radiación.....	5
1.1.5. Tipos de secadores.....	5
1.1.5.1. Secador de estufa.....	5
1.1.5.2. Secador de bandejas.....	6
1.1.5.3. Secador tipo túnel.....	6
1.1.5.4. Secador rotativo.....	7
1.1.5.5. Secador de lecho fluidizado.....	8
1.1.6. Factores que influyen en la velocidad de secado.....	9
1.1.6.1. Temperatura de secado.....	9
1.1.6.2. Humedad relativa.....	9
1.1.6.3. Eficiencia térmica de secado.....	9

1.2.	Curvas de secado de un producto.....	10
1.3.	Contenido de humedad.....	11
1.4.	Contenido de humedad en equilibrio.....	12
1.5.	Isotermas de sorción.....	12
1.6.	Ratio de secado.....	13
1.7.	Modelos matemáticos de ratios de secado.....	14
1.8.	Matico.....	15
1.8.1.	Taxonomía.....	15
1.8.2.	Beneficios.....	16
1.8.3.	Descripción.....	17
1.8.4.	Principios activos.....	17
1.8.5.	Actividad farmacología.....	17
1.9.	Ortiga.....	18
1.9.1.	Taxonomía.....	18
1.9.2.	Beneficios.....	18
1.9.3.	Descripción.....	19
1.9.4.	Principios activos.....	20
1.9.5.	Acción farmacológica.....	20
 CAPITULO II		 21
METODOLOGÍA.....		
2.1.	Tipo de estudio.....	21
2.2.	Población y muestra.....	23
2.3.	Operacionalización de las variables.....	24
2.4.	Procedimientos.....	25
2.5.	Procesamiento y análisis.....	26
2.5.1.	Secado.....	26
2.5.2.	Determinación de la variación de la humedad.....	29
2.5.3.	Determinación de las características físicas del matico y la ortiga en función de la humedad.....	31

CAPÍTULO III

RESULTADOS.....	33
3.1. Matico.....	33
3.1.1. Características físicas del matico deshidratado.....	34
3.1.2. Promedio del secado.....	34
3.1.3. Porcentaje de humedad durante el proceso de secado.....	36
3.1.4. Representación del porcentaje de humedad.....	38
3.1.5. Linealización del ratio de secado.....	40
3.1.6. Curvas de secado.....	41
3.1.6.1. Curva de secado de LN(MR) vs Tiempo.....	42
3.1.6.2. Curva de secado de la Masa Relativa en función del tiempo.....	43
3.1.7. Determinación de la constante “A”.....	45
3.1.8. Determinación de la constante “B”.....	46
3.1.9. Ratio de secado.....	48
3.2. Ortiga.....	50
3.2.1. Características físicas de la ortiga deshidratada.....	50
3.2.2. Promedio del secado.....	51
3.2.3. Porcentaje de humedad durante el proceso de secado.....	52
3.2.4. Representación del porcentaje de humedad.....	54
3.2.5. Linealización del ratio de secado.....	44
3.2.6. Curvas de secado.....	56
3.2.6.1. Curva de secado de LN(MR) vs Tiempo.....	56
3.2.6.2. Curva de secado de la Masa Relativa en función del tiempo.....	58
3.2.7. Determinación de la constante “A”.....	60
3.2.8. Determinación de la constante “B”.....	61
3.2.9. Ratio de secado.....	62

CAPÍTULO IV	
DISCUSIÓN.....	63
CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
CAPÍTULO VI	
PROPUESTA.....	66
CAPÍTULO VII	
BIBLIOGRAFÍA.....	74

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1	Control de pesos del secado de matico.....	78
Anexo N° 2	Determinación del porcentaje de humedad del matico...	82
Anexo N° 3	Linealización del ratio de secado de matico.....	86
Anexo N° 4	Curva de secado de logaritmo natural de la masa relativa en función del tiempo del matico.....	91
Anexo N° 5	Curvas de secado de la masa relativa en función del tiempo del matico.....	97
Anexo N° 6	Control de pesos del secado de ortiga.....	103
Anexo N° 7	Determinación del porcentaje de humedad de la ortiga.	107
Anexo N° 8	Linealización del ratio de secado de la ortiga.....	111
Anexo N° 9	Curva de secado de logaritmo natural de la masa relativa en función del tiempo de la ortiga.....	115
Anexo N° 10	Curvas de secado de la masa relativa en función del tiempo de la ortiga.....	121
Anexo N° 11	Secado.....	127

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1	Variable independiente.....	23
Cuadro N° 2	Variable dependiente.....	24
Cuadro N° 3	Instrumentos utilizados.....	25
Cuadro N° 4	Características físicas del matico deshidratado.....	34
Cuadro N° 5	Pesos promedio del matico a 45°C.....	35
Cuadro N° 6	Pesos promedio del matico a 55°C.....	35
Cuadro N° 7	Pesos promedio del matico a 65°C.....	35
Cuadro N° 8	Porcentaje de humedad del matico a 45°C.....	37
Cuadro N° 9	Porcentaje de humedad del matico a 55°C.....	37
Cuadro N° 10	Porcentaje de humedad del matico a 65°C.....	38
Cuadro N° 11	Linealización del ratio de secado del matico a 45° C	40
Cuadro N° 12	Linealización del ratio de secado del matico a 55° C	40
Cuadro N° 13	Linealización del ratio de secado del matico a 65° C	41
Cuadro N° 14	Variable “a” del matico.....	46
Cuadro N° 15	Variable “b” del matico.....	46
Cuadro N° 16	Ratio de secado del matico a 45° C.....	48
Cuadro N° 17	Ratio de secado del matico a 55° C.....	49
Cuadro N° 18	Ratio de secado del matico a 65° C.....	49
Cuadro N° 19	Características físicas de la ortiga deshidratada...	50
Cuadro N° 20	Pesos promedio de la ortiga a 45° C.....	51
Cuadro N° 21	Pesos promedio de la ortiga a 55° C.....	51
Cuadro N° 22	Pesos promedio de la ortiga a 65° C.....	52
Cuadro N° 23	Porcentaje de humedad de la ortiga a 45°C.....	52
Cuadro N° 24	Porcentaje de humedad de la ortiga a 55°C.....	53
Cuadro N° 25	Porcentaje de humedad de la ortiga a 65°C.....	53
Cuadro N° 26	Linealización del ratio de secado de la ortiga a 45°C	55
Cuadro N° 27	Linealización del ratio de secado de la ortiga a 55°C	56

Cuadro N° 28	Linealización del ratio de secado de la ortiga a 65°C	56
Cuadro N° 29	Variable “A” de la ortiga.....	60
Cuadro N° 30	Variable “B” de la ortiga.....	61
Cuadro N° 31	Ratio de secado de la ortiga a 45° C.....	62
Cuadro N° 32	Ratio de secado de la ortiga a 55° C.....	62
Cuadro N° 33	Ratio de secado de la ortiga a 65° C.....	62
Cuadro N° 34	Diseño organizacional de la propuesta.....	73
Cuadro N° 35	Repetición 1. Toma de datos del matico a 45° C.....	78
Cuadro N° 36	Repetición 2. Toma de datos del matico a 45° C.....	78
Cuadro N° 37	Repetición 3. Toma de datos del matico a 45° C.....	79
Cuadro N° 38	Repetición 4. Toma de datos del matico a 45° C.....	79
Cuadro N° 39	Repetición 1. Toma de datos del matico a 55° C.....	79
Cuadro N° 40	Repetición 2. Toma de datos del matico a 55° C.....	80
Cuadro N° 41	Repetición 3. Toma de datos del matico a 55° C.....	80
Cuadro N° 42	Repetición 4. Toma de datos del matico a 55° C.....	80
Cuadro N° 43	Repetición 1. Toma de datos del matico a 65° C.....	81
Cuadro N° 44	Repetición 2. Toma de datos del matico a 65° C.....	81
Cuadro N° 45	Repetición 3. Toma de datos del matico a 65° C.....	81
Cuadro N° 46	Repetición 4. Toma de datos del matico a 65° C.....	82
Cuadro N° 47	Repetición 1. Humedad del matico a 45° C.....	82
Cuadro N° 48	Repetición 2. Humedad del matico a 45° C.....	83
Cuadro N° 49	Repetición 3. Humedad del matico a 45° C.....	83
Cuadro N° 50	Repetición 4. Humedad del matico a 45° C.....	83
Cuadro N° 51	Repetición 1. Humedad del matico a 55° C.....	84
Cuadro N° 52	Repetición 2. Humedad del matico a 55° C.....	84
Cuadro N° 53	Repetición 3. Humedad del matico a 55° C.....	84
Cuadro N° 54	Repetición 4. Humedad del matico a 55° C.....	85
Cuadro N° 55	Repetición 1. Humedad del matico a 65° C.....	85
Cuadro N° 56	Repetición 2. Humedad del matico a 65° C.....	85
Cuadro N° 57	Repetición 3. Humedad del matico a 65° C.....	86

Cuadro N° 58	Repetición 4. Humedad del matico a 65° C.....	86
Cuadro N° 59	Repetición # 1. Linealización del ratio de secado de matico a 45° C.....	86
Cuadro N° 61	Repetición # 3. Linealización del ratio de secado de matico a 45° C.....	87
Cuadro N° 62	Repetición # 4. Linealización del ratio de secado de matico a 45° C.....	87
Cuadro N° 63	Repetición # 1. Linealización del ratio de secado de matico a 55° C.....	88
Cuadro N° 64	Repetición # 2. Linealización del ratio de secado de matico a 55° C.....	88
Cuadro N° 65	Repetición # 3. Linealización del ratio de secado de matico a 55° C.....	88
Cuadro N° 66	Repetición # 4. Linealización del ratio de secado de matico a 55° C.....	89
Cuadro N° 67	Repetición # 1. Linealización del ratio de secado de matico a 65° C.....	89
Cuadro N° 68	Repetición # 2. Linealización del ratio de secado de matico a 65° C.....	89
Cuadro N° 69	Repetición # 3. Linealización del ratio de secado de matico a 65° C.....	90
Cuadro N° 70	Repetición # 4. Linealización del ratio de secado de matico a 65° C.....	90
Cuadro N° 71	Repetición 1. Toma de datos de la ortiga a 45° C..	103
Cuadro N° 72	Repetición 2. Toma de datos de la ortiga a 45° C..	103
Cuadro N° 73	Repetición 3. Toma de datos de la ortiga a 45° C..	103
Cuadro N° 74	Repetición 4. Toma de datos de la ortiga a 45° C..	104
Cuadro N° 75	Repetición 1. Toma de datos de la ortiga a 55° C..	104
Cuadro N° 76	Repetición 2. Toma de datos de la ortiga a 55° C..	104
Cuadro N° 77	Repetición 3. Toma de datos de la ortiga a 55° C..	105

Cuadro N° 78	Repetición 4. Toma de datos de la ortiga a 55° C..	105
Cuadro N° 79	Repetición 1. Toma de datos de la ortiga a 65° C..	105
Cuadro N° 80	Repetición 2. Toma de datos de la ortiga a 65° C..	106
Cuadro N° 81	Repetición 3. Toma de datos de la ortiga a 65° C....	106
Cuadro N° 82	Repetición 4. Toma de datos de la ortiga a 65° C....	106
Cuadro N° 83	Repetición 1. Humedad de la ortiga a 45° C.....	107
Cuadro N° 84	Repetición 2. Humedad de la ortiga a 45° C.....	107
Cuadro N° 85	Repetición 3. Humedad de la ortiga a 45° C.....	108
Cuadro N° 86	Repetición 4. Humedad de la ortiga a 45° C.....	108
Cuadro N° 87	Repetición 1. Humedad de la ortiga a 55° C.....	108
Cuadro N° 88	Repetición 2. Humedad de la ortiga a 55° C.....	109
Cuadro N° 89	Repetición 3. Humedad de la ortiga a 55° C.....	109
Cuadro N° 90	Repetición 4. Humedad de la ortiga a 55° C.....	109
Cuadro N° 91	Repetición 1. Humedad de la ortiga a 65° C.....	110
Cuadro N° 92	Repetición 2. Humedad de la ortiga a 65° C.....	110
Cuadro N° 93	Repetición 3. Humedad de la ortiga a 65° C.....	110
Cuadro N° 94	Repetición 4. Humedad de la ortiga a 65° C.....	111
Cuadro N° 95	Repetición # 1. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 45° C.....	111
Cuadro N° 96	Repetición # 2. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 45° C.....	111
Cuadro N° 97	Repetición # 3. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 45° C.....	112
Cuadro N° 98	Repetición # 4. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 45° C.....	112
Cuadro N° 99	Repetición # 1. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 55° C.....	112
Cuadro N° 100	Repetición # 2. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 55° C.....	113
Cuadro N° 101	Repetición # 3. Linealización del ratio de secado de	

	la ortiga a 55° C.....	113
Cuadro N° 102	Repetición # 4. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 55° C.....	113
Cuadro N° 103	Repetición # 1. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 65° C.....	114
Cuadro N° 104	Repetición # 2. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 65° C.....	114
Cuadro N° 105	Repetición # 3. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 65° C.....	114
Cuadro N° 106	Repetición # 4. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 65° C.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°. 1	Secador de estufa.....	5
Figura N°. 2	Secador de bandejas.....	6
Figura N°. 3	Secador tipo túnel.....	7
Figura N°. 4	Secador rotativo.....	8
Figura N°. 5	Secador de leche fluidizado.....	8
Figura N°. 6	Curvas de secado.....	11
Figura N°. 7	Isotermas de sorción.....	13
Figura N°. 8	Modelos matemáticos de ratios de secado.....	14
Figura N°. 9	Matico.....	15
Figura N°. 10	Ortiga.....	18
Figura N°. 11	Huertas de ortiga.....	22
Figura N°. 12	Huertas de matico.....	22
Figura N°. 13	Procedimientos.....	25
Figura N°. 14	Adquisición de matico.....	26
Figura N°. 15	Adquisición de ortiga.....	26
Figura N°. 16	Cortado de matico.....	27
Figura N°. 17	Cortado de ortiga.....	27
Figura N°. 18	Pesado de matico.....	28
Figura N°. 19	Pesado de ortiga.....	28
Figura N°. 20	Secado de matico.....	28
Figura N°. 21	Variación del %H del matico.....	29
Figura N°. 22	Variación del %H de la ortiga.....	29
Figura N°. 23	Determinación del % de H en la termobalanza.....	30
Figura N°. 24	Matico en estado fresco.....	31
Figura N°. 25	Matico en estado seco.....	31
Figura N°. 26	Ortiga en estado fresco.....	32
Figura N°. 27	Ortiga en estado seco.....	32

Figura N°. 28	Porcentaje de humedad del Matico a 45°C.....	38
Figura N°. 29	Porcentaje de humedad del Matico a 55°C.....	39
Figura N°. 30	Porcentaje de humedad del Matico a 65°C.....	39
Figura N°. 31	LN MR vs tiempo del matico a 45° C.....	42
Figura N°. 32	LN MR vs tiempo del matico a 55° C.....	42
Figura N°. 33	LN MR vs tiempo del matico a 55° C.....	43
Figura N°. 34	MR vs tiempo del matico a 45° C.....	44
Figura N°. 35	MR vs tiempo del matico a 55° C.....	44
Figura N°. 36	MR vs tiempo del matico a 65° C.....	45
Figura N°. 37	Variable “A” del matico.....	46
Figura N°. 38	Variable “B” del matico.....	47
Figura N°. 39	Porcentaje de humedad de la ortiga a 45°C.....	54
Figura N°. 40	Porcentaje de humedad de la ortiga a 55°C.....	54
Figura N°. 41	Porcentaje de humedad de la ortiga a 65°C.....	55
Figura N°. 42	LN MR vs tiempo de la ortiga a 45° C.....	57
Figura N°. 43	LN MR vs tiempo de la ortiga a 55° C.....	57
Figura N°. 44	LN MR vs tiempo de la ortiga a 65° C.....	58
Figura N°. 45	MR vs tiempo de la ortiga a 45° C.....	58
Figura N°. 46	MR vs tiempo de la ortiga a 55° C.....	59
Figura N°. 47	MR vs tiempo de la ortiga a 65° C.....	59
Figura N°. 48	Variable “A” de la ortiga.....	60
Figura N°. 49	Variable “B” de la ortiga.....	61
Figura N°. 50	Curvas de secado de un producto.....	70
Figura N°. 51	Determinación del % de H en la termobalanza.....	71
Figura N°. 52	Diseño organizacional de la Propuesta.....	72
Figura N°. 53	Repetición #1. LN MR vs tiempo del matico a 45° C	91
Figura N°. 54	Repetición #2. LN MR vs tiempo del matico a 45° C	91
Figura N°. 55	Repetición #3. LN MR vs tiempo del matico a 45° C	92
Figura N°. 56	Repetición #4. LN MR vs tiempo del matico a 45° C	92
Figura N°. 57	Repetición #1. LN MR vs tiempo del matico a 55° C	93

Figura N°. 58	Repetición #2. LN MR vs tiempo del matico a 55° C	93
Figura N°. 59	Repetición #3. LN MR vs tiempo del matico a 55° C	94
Figura N°. 60	Repetición #4. LN MR vs tiempo del matico a 55° C	94
Figura N°. 61	Repetición #1. LN MR vs tiempo del matico a 65° C	95
Figura N°. 62	Repetición #2. LN MR vs tiempo del matico a 65° C	95
Figura N°. 63	Repetición #3. LN MR vs tiempo del matico a 65° C	96
Figura N°. 64	Repetición #4. LN MR vs tiempo del matico a 65° C	96
Figura N°. 65	Repetición #1. MR vs tiempo del matico a 45° C.....	97
Figura N°. 66	Repetición #2. MR vs tiempo del matico a 45° C.....	97
Figura N°. 67	Repetición #3. MR vs tiempo del matico a 45° C.....	98
Figura N°. 68	Repetición #4. MR vs tiempo del matico a 45° C.....	98
Figura N°. 69	Repetición #1. MR vs tiempo del matico a 55° C.....	99
Figura N°. 70	Repetición #2. MR vs tiempo del matico a 55° C.....	99
Figura N°. 71	Repetición #3. MR vs tiempo del matico a 55° C.....	100
Figura N°. 72	Repetición #4. MR vs tiempo del matico a 55° C.....	100
Figura N°. 73	Repetición #1. MR vs tiempo del matico a 65° C.....	101
Figura N°. 74	Repetición #2. MR vs tiempo del matico a 65° C.....	101
Figura N°. 75	Repetición #3. MR vs tiempo del matico a 65° C.....	102
Figura N°. 76	Repetición #4. MR vs tiempo del matico a 65° C.....	102
Figura N°. 77	Repetición #1. LN MR vs tiempo de ortiga a 45°C...	115
Figura N°. 78	Repetición #2. LN MR vs tiempo de ortiga a 45° C...	116
Figura N°. 79	Repetición #3. LN MR vs tiempo de ortiga a 45°C...	116
Figura N°. 80	Repetición #4. LN MR vs tiempo de ortiga a 45° C...	117
Figura N°. 81	Repetición #1. LN MR vs tiempo de ortiga a 55° C...	117
Figura N°. 82	Repetición #2. LN MR vs tiempo de ortiga a 55°C...	117
Figura N°. 83	Repetición #3. LN MR vs tiempo de ortiga a 55° C..	118
Figura N°. 84	Repetición #4. LN MR vs tiempo de ortiga a 55° C...	119
Figura N°. 85	Repetición #1. LN MR vs tiempo de ortiga a 65° C...	119
Figura N°. 86	Repetición #2. LN MR vs tiempo de ortiga a 65° C...	120
Figura N°. 87	Repetición #3. LN MR vs tiempo de ortiga a 65° C...	120

Figura N°. 88	Repetición #4. LN MR vs tiempo de ortiga a 65° C...	121
Figura N°. 89	Repetición #1. MR vs tiempo de la ortiga a 45° C.....	121
Figura N°. 90	Repetición #2. MR vs tiempo de la ortiga a 45° C.....	122
Figura N°. 91	Repetición #3. MR vs tiempo de la ortiga a 45° C.....	122
Figura N°. 92	Repetición #4. MR vs tiempo de la ortiga a 45° C.....	123
Figura N°. 93	Repetición #1. MR vs tiempo de la ortiga a 55° C.....	123
Figura N°. 94	Repetición #2. MR vs tiempo de la ortiga a 55° C.....	124
Figura N°. 95	Repetición #3. MR vs tiempo de la ortiga a 55° C.....	124
Figura N°. 96	Repetición #4. MR vs tiempo de la ortiga a 55° C.....	125
Figura N°. 97	Repetición #1. MR vs tiempo de la ortiga a 65° C.....	125
Figura N°. 98	Repetición #2. MR vs tiempo de la ortiga a 65° C.....	126
Figura N°. 99	Repetición #3. MR vs tiempo de la ortiga a 65° C.....	126
Figura N°. 100	Repetición #4. MR vs tiempo de la ortiga a 65° C.....	127

RESUMEN

Esta investigación tuvo por objeto la determinación de constantes en un modelo de ratio de secado para el matico y ortiga para los productores locales de la provincia de Chimborazo, este modelo especifica el tiempo de secado ideal en estas especies de plantas medicinales.

La metodología utilizada en esta investigación fue Bibliográfica, Explicativa y Descriptiva. Se realizaron secados experimentales de las plantas en un secador eléctrico tipo túnel de bandejas a temperaturas de 45 °C, 55 °C y 65 °C. Los experimentos de secado en matico y ortiga tuvieron una duración de 6 horas para la temperatura de 45 °C, 5 horas para 55 °C y 4 horas para 65 °C, cada experimento con 4 repeticiones.

En la determinación del ratio de secado de matico y ortiga se utilizó el modelo matemático de la curva característica basado en la ecuación $y = Ax + B$; obteniendo valores para la ortiga de $A = -0,0006x^2 - 0,0704x + 1,9485$ y $B = -0,007x - 0,0136$; para el caso del matico $A = -0,0007x^2 - 0,0793x + 2,25$ y $B = -0,007x - 0,0184$ en todas las ecuaciones x representa la temperatura de secado.

Estas ecuaciones resueltas numéricamente obtuvieron valores de los cuales se formuló el ratio de secado con ecuación $RS = \ln(mr) - A/B$; siendo mr la masa relativa de las plantas secas que se determina en un contenido de humedad del 12% al 14%.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
CENTRO DE IDIOMAS



Lic. Armando Rodríguez

22 de junio 2015

SUMMARY.

This research was aimed at determining a constant ratio drying model for matico and nettle for local producers in the province of Chimborazo, this model specifies the ideal drying time in these species of medicinal plants.

We performed experimental plants dried in an electric tunnel dryer trays at temperatures of 45C, 55C and 65C. Drying experiments matico and nettle lasted 6 hours to a temperature of 45C, 55C and 5 hours to 4 hours to 65C, each experiment with 4 replications.

The mathematical model of the curve based on the equation $y = Ax + B$ was used in determining the ratio of drying matico and nettle; obtaining values for the nettles - $0,0006x^2 - 0,0704x + A = 1.9485$ and $B = -0,007x - 0.0136$; in the case of A = $-0,0007x^2 - 0,0793x$ matico + 2.25 and $B = -0,007x - 0.0184$ in all equations x represents the drying temperature.

These equations solved numerically obtained values of which the ratio drying was formulated with $RS = \ln(mr) - A / B$ equation; being the relative mass mr of dry plants it is determined in a moisture content of 12% to 14%.



Armando Rodríguez
x.

INTRODUCCIÓN

Nuestro país es uno de los pocos que posee bastos recursos naturales que no son aprovechados a plenitud de forma industrial, es por esta razón que es importante aprovechar su potencial de forma completa, aplicando tecnología y correctos métodos de uso.

De esta forma, siendo la manera en la que nuestro pueblo ecuatoriano se ha venido desarrollando a través de los años, la agricultura es el sustento de la gran mayoría de campesinos de este país.

El Ecuador es un país que cuenta con una gran diversidad de plantas medicinales y aromáticas, como el matico y ortiga, las cuales tienen propiedades asombrosas y son una fuente de aceites esenciales que proporcionan distintas bondades a nuestro organismo.

Hoy en día el sector alimenticio en nuestro país pone a disposición varias opciones para el consumo de plantas medicinales, resaltando la calidad de estas y esforzándose en mantener la vida útil de estos productos por más tiempo. Desde este enfoque se ha planteado esta investigación en la determinación de un modelo de ratio de secado para el matico y ortiga para los productores locales de la provincia de Chimborazo.

Al analizar el tema propuesto para la presente investigación, se estableció encontrar las características físicas, establecer la varianza de humedad en función del tiempo y la temperatura además de crear un modelo de ratio de secado que se ajuste a las variaciones de las características.

En esta investigación se encuentran seis capítulos:

En el primer capítulo se encuentra la fundamentación teórica donde se fundamenta: el secado, tipos de secado, tipos de secadores, ratios de secado, modelos matemáticos de ratios de secado, contenido de humedad, matico y ortiga.

El segundo capítulo abarca la metodología empleada en la investigación describiendo las técnicas de estudio utilizadas, la población y muestra, las variables empleadas y los procedimientos realizados para el desarrollo de la investigación.

En el tercer capítulo se encuentran los resultados obtenidos como: características físicas del matico y ortiga, contenido de humedad, análisis de varianza y el ratio de secado.

El cuarto capítulo contiene la discusión de los resultados obtenidos.

En el quinto capítulo se encuentran las conclusiones que se obtuvieron y las recomendaciones sugeridas para el empleo de la investigación.

En el sexto capítulo se realiza una propuesta con el tema aplicación del modelo de ratio de secado de matico y ortiga en la asociación de agricultores de plantas aromáticas ubicada en la parroquia Llucut.

El séptimo capítulo contiene la bibliografía empleada para el desarrollo de esta investigación.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. SECADO

1.1.1. Definición

Se entiende por secado de alimentos a la extracción deliberada del agua que contienen, operación que se lleva a cabo en la mayoría de los casos mediante la evaporación del agua por adición de su calor latente de evaporación. [14]

1.1.2. Aplicación

La aplicación del secado es importante en muchas industrias químicas, alimentarias y de transformación debido a que permite:

- Facilitar el manejo posterior del producto.
- Permitir el empleo satisfactorio del mismo.
- Reducir costes de embarque y transporte.
- Preservar los productos de fermentaciones indeseables durante el almacenamiento y el transporte.
- Aumentar el valor o utilidad de los productos residuales. [14]

1.1.3. Secado de plantas aromáticas y medicinales

El secado de plantas aromáticas y medicinales es fundamental para su conservación, debido a que esta operación promueve el mantenimiento de los componentes del vegetal fresco y de esta manera se evita la proliferación de microorganismos.

Debe realizarse en las mejores condiciones para que las plantas no pierdan sus propiedades. Las partes principales de una planta aromática y medicinal a secarse son las raíces, hojas, flores, frutos o plantas enteras.

Las plantas aromáticas secas son utilizadas en infusiones o en las comidas como condimentos.

1.1.4. Métodos de secado

1.1.4.1. Secado directo

Para realizar el secado se hace uso de gases calientes para suministrar el calor en contacto directo con el alimento, fundamentalmente por convección, y arrastrar el líquido vaporizado. [4]

1.1.4.2. Secado indirecto

El calor se transmite al alimento por conducción a través de la pared que lo contiene, eliminando el líquido vaporizado independientemente del medio calefactor. El calentamiento de la superficie del producto se realiza mediante vapor. El agua evaporada se elimina mediante una operación de vacío o a través de una corriente de gas cuya función principal es la de eliminar agua. [4]

1.1.4.3. Secado por radiación

El secado por radiación se denomina a la transmisión de la energía a través del espacio por medio de ondas electromagnéticas. En este método de secado la energía se produce eléctricamente mediante infrarrojos o por medio de refractarios únicamente calentados con gas.

Se fundamenta en la transferencia de energía radiante para evaporar el agua presente en el producto. La energía es absorbida por las moléculas de agua mientras el producto se seca, se requiere menos energía. [4]

1.1.5. Tipos de secadores

1.1.5.1. Secador de estufa

Consta de un espacio en forma de un paralelepípedo que contiene dos pisos. El aire de secado suministrado por un ventilador se calienta en el primer piso y atraviesa por convección natural o forzada al segundo, donde se aloja el grano. Su uso es muy reducido en la industria. [8]

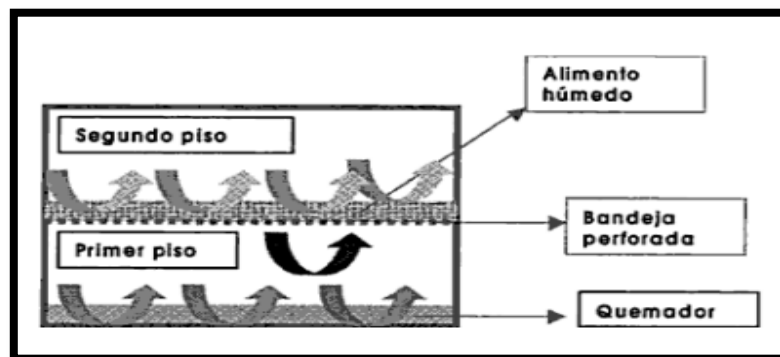


Figura N° 1: Secador de estufa

Fuente: Jaramillo, A y Narváez, E. (2012).

1.1.5.2. Secador de bandejas

El aire caliente que circula entre las bandejas tiene una distribución uniforme por medio de una serie de tabiques y es impulsado por un ventilador.

Este tipo de secadores son útiles para el secado de granos. La calidad de productos obtenidos es de mejor calidad que otros tipos de secadores. [8]



Figura N° 2: Secador de bandejas

Fuente: Jaramillo, A y Narváez, E. (2012).

1.1.5.3. Secador tipo túnel

Su funcionamiento es semi-continuo, posee bandejas que se cargan sobre contenedores y se trasladan a lo largo del túnel de secado, al momento de introducir uno nuevo producto el primero es evacuado portando el producto seco. Los secadores tipo túnel son muy comunes en la deshidratación de alimentos. [8]

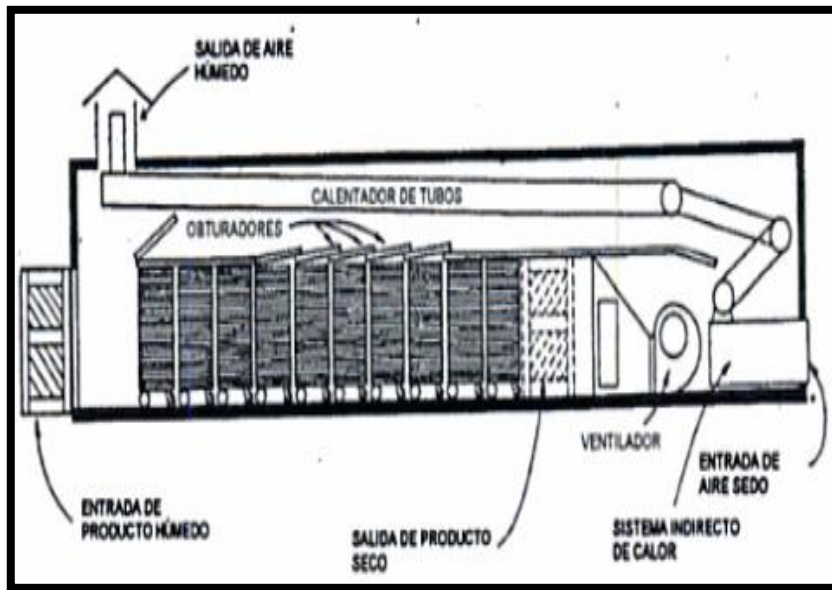


Figura N° 3: Secador tipo túnel

Fuente: Jaramillo, A y Narváez, E. (2012).

1.1.5.4. Secador rotativo

El secador rotativo tiene un funcionamiento continuo, posee una cascara cilíndrica que gira sobre soportes un poco inclinados respecto a la horizontal.

Los secadores rotatorios pueden ser clasificados en tres tipos:

- Secador rotatorio de cascada con calentamiento directo.
- Secador directo con persianas periféricas para el aire caliente.
- Secador por calentamiento indirecto. [8]

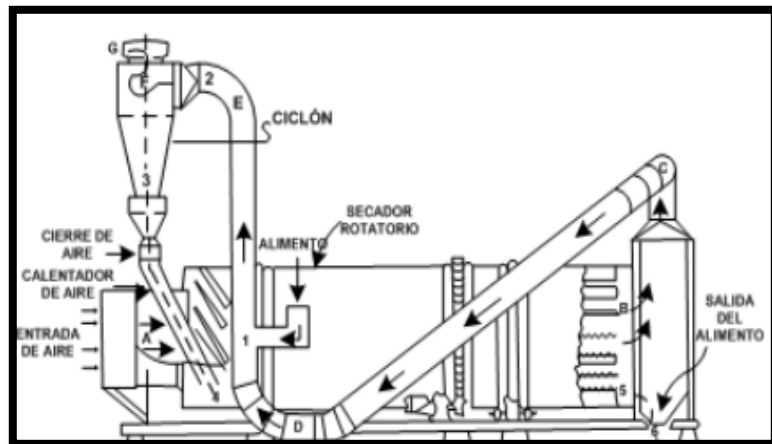


Figura N° 4: Secador rotativo

Fuente: Jaramillo, A y Narváez, E. (2012).

1.1.5.5. Secador de lecho fluidizado

Los secadores de lecho fluidizado contienen una cámara cilíndrica provista en su base de un distribuidor de aire.

Se puede utilizar para secar productos alimenticios, químicos, minerales y polímeros. También se puede usar para aplicaciones de enfriamiento, en unidades individuales o combinadas con el secado en una sola cama zonificada. [8]

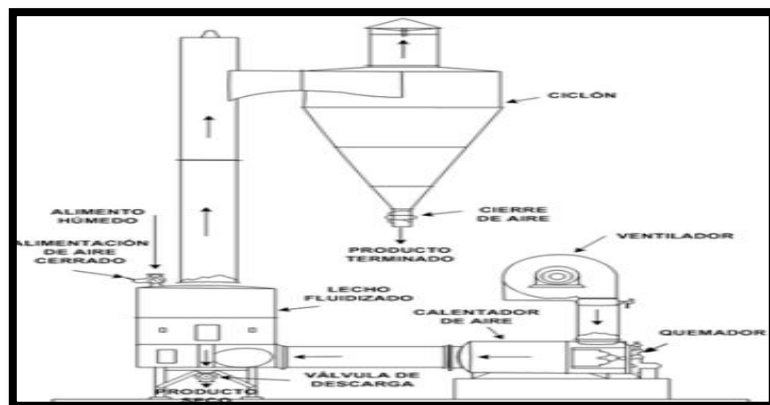


Figura N° 5: Secador de lecho fluidizado

Fuente: Jaramillo, A y Narváez, E. (2012).

1.1.6. Factores que influyen en la velocidad del secado

1.1.6.1. Temperatura de secado

La temperatura es una función de la energía cinética interna y como tal es un índice de la velocidad molecular promedio; desempeña un papel fundamental en los procesos de secado. Mientras la temperatura aumenta se acelera la eliminación de agua dentro del producto.

El calor es la fuente para que las moléculas de agua adquieran la energía cinética necesaria para la evaporación. La velocidad de ésta depende a su vez de la cantidad de energía suministrada por unidad de tiempo y de la capacidad del medio donde se efectuó el secado para absorber la humedad liberada por el producto. [2]

1.1.6.2. Humedad Relativa

Se define como la relación entre el peso del vapor de agua contenido en 1 kg de aire y el peso del vapor de agua contenido en 1 kg de aire saturado, a una temperatura determinada, es decir se define como la razón de presión de vapor de agua presente en el producto con respecto a la presión de saturación de vapor de agua a una misma temperatura. [2]

1.1.6.3. Eficiencia térmica de secado

Está representado por la relación entre la cantidad de energía destinada al secado y la cantidad de agua evaporada durante el proceso.

La circulación del aire durante el proceso de secado controla la velocidad de evaporación del agua durante el proceso asegurando la eliminación del exceso de

humedad dentro de un secador y así mantener las condiciones de humedad relativa deseadas. [2]

1.2. CURVAS DE SECADO DE UN PRODUCTO.

Las curvas de secado representan la pérdida de humedad de un producto con respecto a diversos factores como la temperatura, humedad y tiempo.

Durante el proceso de secado se distinguen tres periodos:

- **Primer periodo:** Al iniciar el proceso de secado el producto experimenta un pequeño aumento de temperatura.
- **Segundo periodo:** Mientras transcurre el tiempo de secado la eliminación de agua es constante. En este periodo la velocidad de secado está limitada por la tasa de transferencia de calor desde el aire a la superficie líquida.
- **Tercer periodo:** Cuando el producto haya alcanzado el contenido de humedad crítico la velocidad de secado es decreciente. La velocidad de secado decreciente es controlada por la evaporación de agua hacia la superficie alcanzando el contenido de humedad de equilibrio.

La variación de humedad obtenida en el proceso de secado con respecto al tiempo puede ser representada mediante curvas. [1]

En la Figura N° 6 se puede identificar las curvas del producto según la variación de humedad:

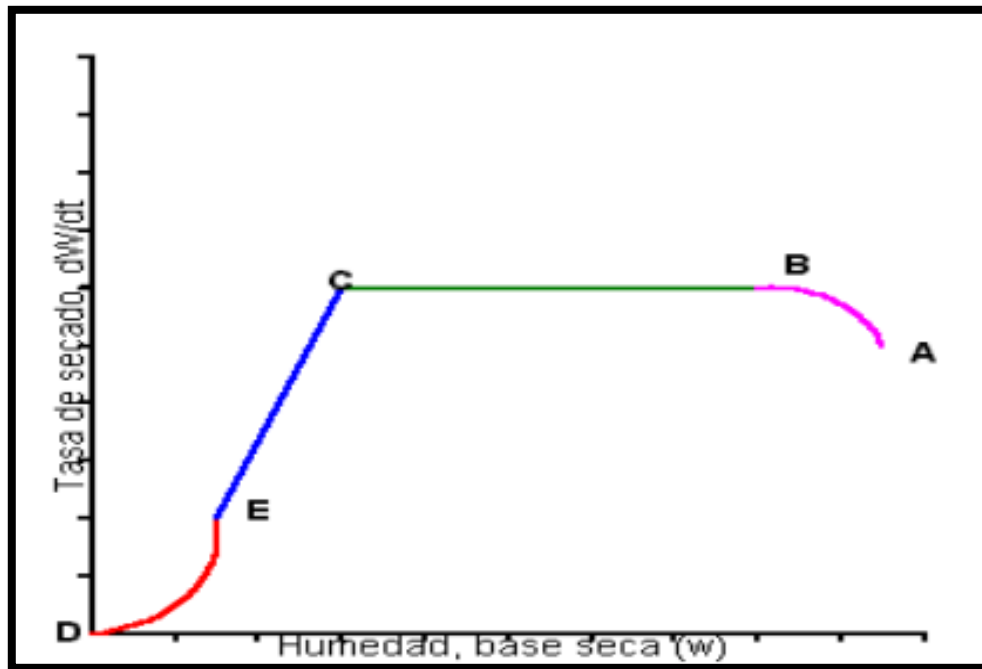


Figura N° 6: Curvas de secado

Fuente: Cabezas, M. (2008).

Donde A y B representan el aumento de temperatura en la primera fase de secado, C indica el contenido de humedad crítico, D y E representa la humedad en equilibrio. [1]

1.3. CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad es un parámetro fundamental en la cinética del secado debido a que de este dependerá la conservación de un producto por mayor o menor tiempo.

En la industria alimenticia el contenido de humedad es una medida importante por lo que su determinación es diaria; los niveles máximos de humedad varían según las especificaciones comerciales.

La cantidad de agua en un alimento se presenta de dos formas:

- **Agua enlazada:** Involucra moléculas de agua unidas en forma química; es decir las moléculas de agua están enlazadas a través de puentes de hidrógeno o grupos iónicos o polares.
- **Agua libre:** Está físicamente unida a la matriz del alimento y se puede congelar o perder con facilidad durante el proceso de secado. [1]

1.4. CONTENIDO DE HUMEDAD EN EQUILIBRIO

El contenido de humedad de equilibrio está definido por el tipo de producto a ser secado, por la temperatura y humedad.

En un material higroscópico el contenido de humedad de equilibrio es el valor de la humedad que tiene después de haber sido expuesto, a un largo periodo de tiempo de secado, según las condiciones meteorológicas en las que se efectuó el proceso. [5]

1.5. ISOTERMAS DE SORCIÓN

Las isotermas de sorción son significativas en el estudio de la conducta en el secado del producto, debido a su aporte de información sobre los contenidos de humedad que deben alcanzarse a fin de lograr una adecuada conservación, almacenamiento del producto.

En la siguiente figura se puede observar las isotermas de sorción que presenta un producto luego de ser sometido a un proceso de secado a diferentes temperaturas: [5]

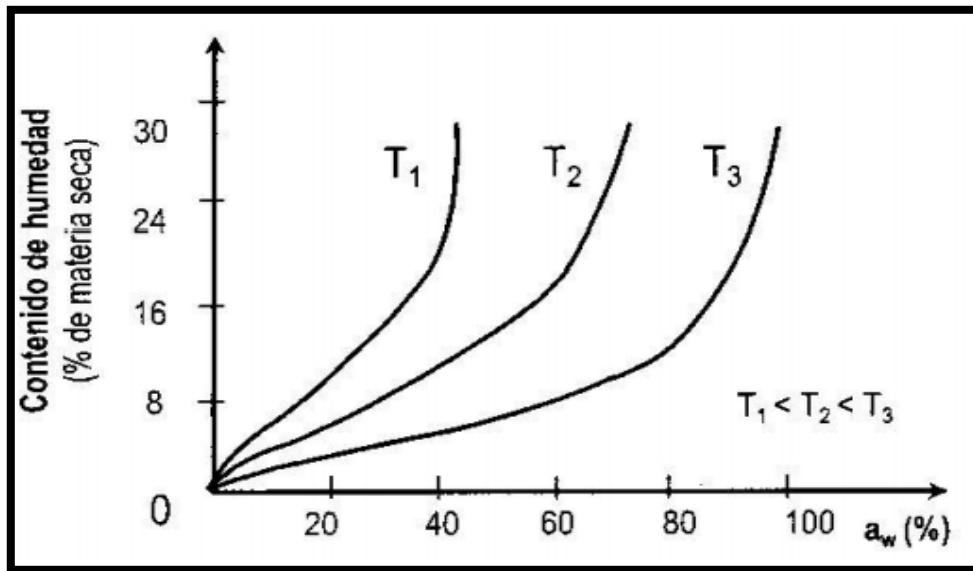


Figura N° 7: Isotermas de sorción
 Fuente: Cova, W y Marinelli, H. (2011)

1.6. RATIO DE SECADO

El ratio de secado está definido como el tiempo que transcurre desde que el secador es cargado con el producto húmedo hasta que el producto haya alcanzado el contenido de humedad deseado,

Cuando un producto es sometido a un proceso de secado se realiza un pesado a intervalos predefinidos, puede trazarse la curva del contenido en humedad frente al tiempo de secado. [11]

El ratio o velocidad de secado puede ser expresado como:

$$DR = \frac{dMR}{dt} = \frac{MR_{t+dt} - MR_t}{dt} \quad [11]$$

1.7.MODELOS MATEMÁTICOS DE RATIOS DE SECADO

Modelo	Ecuación
Aprox. a la difusión	$RX = a.exp(-k.t)+(1-a).exp(-k.b.t)$
Dos termos	$RX = a.exp(-k_0.t)+b.exp(-k_1.t)$
Exponencial de dos termos	$RX = a.exp(-k.t)+(1-a).exp(-k.a.t)$
Henderson & Pabis	$RX = a.exp(-k.t)$
Henderson & Pabis Modificada	$RX = a.exp(-k.t)+b.exp(-k_0.t)+c.exp(-k_1.t)$
Lewis	$RX = exp(-k.t)$
Logaritmico	$RX = a.exp(-k.t)+c$
Midilli et al.	$RX = a.exp(-k.t^n)+b.t$
Thompson	$RX = exp(-a-(a^2+4.b.t)^{1/2})/2.b)$
Page	$RX = exp(-k.t^n)$
Page modificado	$RX = exp(-k.t)^n$
Wang & Singh	$RX = 1+a.t+b.t^2$

Figura N° 8: Modelos matemáticos de ratios de secado

Fuente: Tabar, J. (2011).

La utilización de modelos matemáticos para controlar el proceso de secado en diversos productos, incluyendo las plantas medicinales, han sido objeto de diversos estudios.

Los modelos matemáticos son herramientas utilizadas para evaluar el tiempo necesario para reducir la humedad de agua del producto en diferentes condiciones de secado mejorando la eficiencia del proceso

El ajuste de los datos experimentales a los modelos matemáticos es indispensable que se haga para todas las plantas medicinales y aromáticas para obtener el modelo más adecuado para cada especie. [13]

1.8.MATICO



Figura N° 9: Matico

Fuente: Varela, J. (2011).

1.8.1. Taxonomía

Familia: *Piperaceae*

Género: *Piper*

Nombre científico: *Piper aduncum*

Nombres comunes: Matico, hierba del soldado, achotlín o cordoncillo. [15]

1.8.2. Beneficios

- Las hojas del matico se utilizan como cicatrizante en el tratamiento de hemorragias.
- Se utiliza en lavados sobre heridas.
- En infusión se utiliza para evacuar cálculos biliares.
- Ayuda a sanar enfermedades del tracto respiratorio.
- Previene problemas gastrointestinales.
- Es utilizado como emoliente y protector de la piel. [15]

1.8.3. Descripción

El matico es una planta originaria de la Región Sierra de nuestro país, esta planta crece al borde de terrenos, entre matorrales, entre 3000 a 3700 metros sobre el nivel del mar. Es un árbol perenne, su altura oscila entre los cinco a seis metros. Es una planta que posee:

- **Raíz.** El matico posee una raíz pivotante, perenne, articulada y fibrosa.
- **Tallo.** Son verdes, posee nudos de intersección de las hojas bastantes hinchadas. El tallo es cilíndrico, leñoso y ramificado.
- **Hojas.** Sus hojas opuestas son grandes (pueden medir hasta quince centímetros de largo) y lanceoladas, de color verde oscuro en el frente rugoso y claro en la parte posterior, en la cual son pubescentes.

- **Inflorescencia.** Contiene espigas amentáceas.
- **Flores.** Presenta flores hermafroditas, agrupadas en espigas, acompañadas de hojillas filamentosas blanquecinas. [12]

1.8.4.Principios activos

Los componentes activos más importantes que se pueden encontrar desde el punto cuantitativo son:

- Tanino
- Flavonoides
- Alcaloides
- Esteroides
- Triterpenos
- Saponinas
- Fenoles. [6]

1.8.5. Actividad Farmacológica

Diferentes estudios realizados en laboratorio, han confirmado que la planta de matico posee una acción cicatrizante, antiinflamatoria, antiséptica. Esta planta es utilizada como inhibidor de bacterias. [6]

1.9.ORTIGA



Figura N° 10: Ortiga

Fuente: Quiroz, R. (2013).

1.9.1. Taxonomía

Familia: *Urticaceae*

Género: *Urtica*

Nombre científico: *Urtica dioica*

Nombres comunes: Ortiga, la hierba de los ciegos, urtica. [9]

1.9.2. Beneficios

- Estimulante del aparato digestivo, contribuye a la digestión, ayudando al estómago y a la eliminación de las heces del intestino.
- Protege el hígado.
- Favorece la función biliar.

- Detiene las hemorragias y previene el flujo descontrolado de la sangre.
- Por su alto contenido en hierro se hace ideal en la curación de la anemia.
- Ayuda a la formación de estrógenos que mejoran el estado mental de los enfermos de Alzheimer.
- Beneficiosa para el cuidado de la piel, al eliminar imperfecciones, como granos, eczemas, herpes, acné. [3]

1.9.3.Descripción.

La ortiga es una planta arbustiva perenne, dioica, de aspecto tosco y que puede alcanzar hasta 1,5 m de altura. Se desarrolla en suelos ricos en nitrógeno y húmedos como corrales, huertos y montañas, desde los 200 a los 2400 m de altitud a nivel del mar.

Esta planta contiene pelos urticantes que tienen la forma de pequeñas ampollas llenas de un líquido irritante que al contacto con la piel producen una lesión y vierten su contenido sobre ella, provocando ronchas, escozor y prurito. [9]

Se caracteriza por poseer:

- **Raíz:** Es muy rica en taninos, que le otorgan una acción astringente.
- **Tallo:** Es rojizo o amarillento, erguido, cuadrangular, ramificado y ahuecado en los entrenudos. Está dotado en todos los nudos de parejas de hojas, y está recubierto de pelos urticantes.
- **Hojas:** De forma ovalada, rugosas, aserradas, puntiagudas pueden alcanzar una altura de hasta 15 cm. Son de color verde oscuras y con pétalos de color amarillo suave.

- **Flores:** Son verdes con estambres amarillos. Son unisexuales, pequeñas y dispuestas en racimos colgantes de hasta 10 cm.
- **Frutos:** Son aquenios (cápsulas) y secos. [9]

1.9.4. Principios Activos

En la planta de ortiga en estado fresco se presentan diferentes principios activos los cuales se pueden utilizar en la medicina, entre estos se encuentran:

- **Carotenoides:** Beta caroteno
- **Flavonoides:** Derivados del quercetol, kenferol.
- **Minerales:** Hierro, calcio, azufre, potasio, manganeso
- **Ácidos orgánicos:** Caféico, clorogénico, gálico, fórmico. [10]

1.9.5. Acción farmacológica

- Las hojas de ortiga son un reconstituyente, remineralizante, diurética, hemostática, hipoglucemiante, hipotensora.
- Las raíces tiene una acción antiinflamatoria, antiadenomatosa, astringente.
- Las semillas son usadas como galactagogo, astringente
- El aceite de esta planta, se utiliza como emoliente. [10]

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

En esta investigación la metodología utilizada está fundamentada en experimentos realizados en el laboratorio y cálculos desarrollados con la aplicación de modelos matemáticos que contribuyeron a la determinación de modelo de ratio de secado.

2.1.TIPO DE ESTUDIO

- **Bibliográfico.**

Para esta investigación se utilizó tesis, papers, manuales, libros, páginas web con el fin de receptar información.

- **Explicativo.**

Buscando el porqué de los cambios en las características físicas del producto, y estableciendo relaciones entre el producto en estado fresco y el producto deshidratado.

- **Descriptivo.**

Porque nos permite realizar paso a paso los factores que intervienen en la determinación del modelo matemático.

2.2.POBLACIÓN Y MUESTRA

La presente investigación se encuentra destinada para los productores locales de plantas medicinales de nuestra provincia.

La práctica en el laboratorio es de vital importancia. Con el uso de un secador se realizó el proceso de secado desarrollando tres muestras de matico y ortiga.

Para el desarrollo de esta investigación se utilizó materia prima proporcionada por diferentes huertas ubicadas en la parroquia San Luis perteneciente al cantón Riobamba.



Figura N° 11: Huertas de ortiga
Fuente: San Luis



Figura N° 12: Huertas de matico
Fuente: San Luis

2.3.OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE					
VARIABLE	CONCEPTO	INDICADOR	DIMENSIÓN	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Ratio de secado de matico y ortiga	El ratio desecado es el período que pasa desde que el secador es saturado con el producto en estado fresco hasta que el producto haya alcanzado el contenido de humedad esperado.	Temperatura	° C	Medición de temperatura	Termómetro
		Tiempo	Horas	Control cada hora	Reloj
		Peso	Gramos	Control de pesos	Balanza analítica
		Curvas de secado	Gráficos logarítmicos y lineales	Cálculos matemáticos	Excel

Cuadro N° 1: Variable Independiente

Elaborado por: Autor

VARIABLE DEPENDIENTE					
VARIABLE	CONCEPTO	INDICADOR	DIMENSIÓN	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Matico	Planta que puede alcanzar hasta 3 metros de altura. Sus ramas son articuladas y rugosas, con nudos. Las hojas son redondeadas en la base, posee inflorescencias en espigas, curvadas.	Humedad del producto en estado fresco y seco.	%	Determinación de humedad	Termo- balanza
Ortiga	Planta herbácea silvestre de tallos y hojas armados de pelos de forma ovalada y borde aserrado, flores verdosas, agrupadas en racimos y fruto seco.	Humedad del producto en estado fresco y seco.	%	Determinación de humedad	Termo- balanza

Cuadro N° 2: Variable Dependiente

Elaborado por: Autor

2.4.PROCEDIMIENTOS

En la siguiente figura se puede observar los procedimientos que se realizó para el desarrollo de esta investigación.

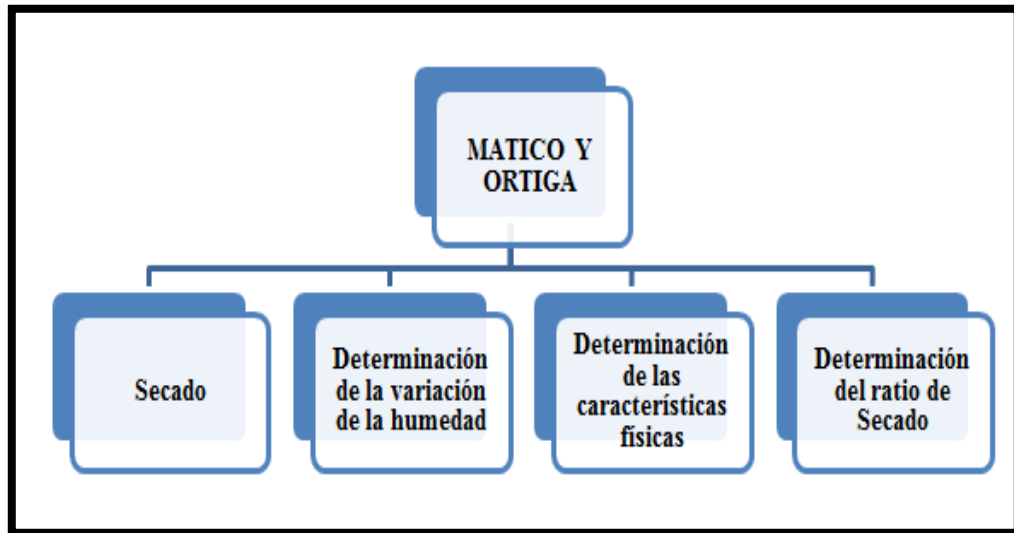


Figura N° 13: Procedimientos

Elaborado por: Autor

Esta investigación fue desarrollada en los laboratorios de Ingeniería Agroindustrial e Industrial; haciendo uso de diferentes instrumentos que en el siguiente cuadro se detalla:

Equipos	Materiales
<ul style="list-style-type: none">• Secador de bandejas• Termo balanza• Balanza analítica• Desecador	<ul style="list-style-type: none">• Tijeras• Papel aluminio• Guantes

Cuadro N° 3: Instrumentos utilizados

Elaborado por: Autor

2.5.PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

2.5.1. Secado

En esta investigación el proceso de secado de matico y ortiga se realizó a temperaturas de 45°, 55° y 65° C; debido a que en otras investigaciones se ha determinado como temperaturas óptimas en el secado de plantas, al exceder estos rangos de temperatura de secado las plantas pueden perder sus componentes volátiles.

Para efectuar el proceso de secado se desarrollaron las siguientes actividades:

- **Adquisición de materia prima:** (Matico y Ortiga).

Las plantas de matico y ortiga que se utilizó en esta investigación fueron proporcionadas por diferentes huertas ubicadas en la parroquia San Luis perteneciente a la Provincia de Chimborazo a 20 minutos de la ciudad de Riobamba.

Se inspeccionó que las plantas estén recién cosechadas, libres de maleza, sin torceduras y en estado fresco con el fin de obtener datos precisos durante el proceso.



Figura N° 14: Adquisición de matico

Fuente: Autor



Figura N° 15: Adquisición de ortiga

Fuente: Autor

- **Preparación de muestras:**

Al obtener las plantas de matico y ortiga se realizó un cortado y un lavado. En el caso del matico se procedió a quitar las hojas del tallo las mismas que fueron sometidas al proceso de secado. La ortiga se cortó en ramas de 15 cm desde la flor.

En las siguientes figuras se puede observar el cortado de las plantas de matico y ortiga:



Figura N° 16: Cortado de matico

Fuente: Autor

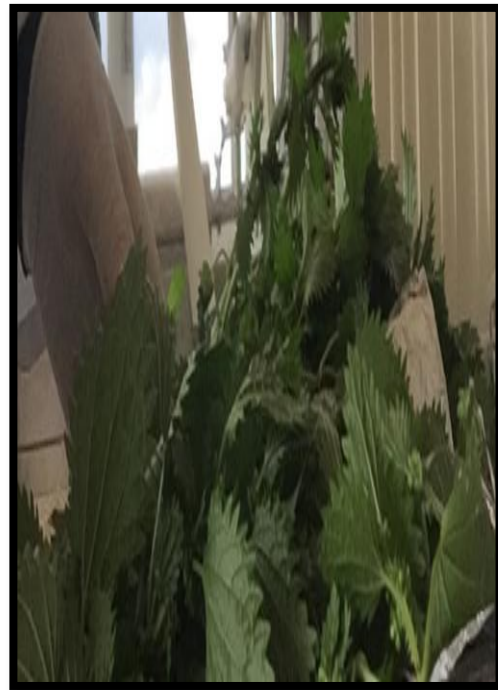


Figura N° 17: Cortado de ortiga

Fuente: Autor

Una vez que las muestras han sido cortadas se procede a realizar el secado de las mismas. Previamente tomando muestras de 50 gramos y colocando papel aluminio en la superficie de las bandejas para evitar que se peguen.



Figura N° 18: Pesado de matico

Fuente: Autor



Figura N° 19: Pesado de ortiga

Fuente: Autor

Las muestras de matico y ortiga son colocadas en el secador a diferentes temperaturas. Por cada hora que dure el proceso de secado se debe registrar la perdida de humedad utilizando una balanza analítica; dejando enfriar el producto por un periodo de 10 minutos utilizando un desecador para evitar que las muestras absorban humedad.



Figura N° 20: Secado de matico

Fuente: Autor

2.5.2. Determinación de la variación de la humedad:

Para determinar la variación de humedad con respecto al tiempo se desarrolló un control de pesos durante cada hora que se efectuó el proceso de secado. En los Anexos se indican los pesos obtenidos durante el proceso de secado a diferentes temperaturas.

En las siguientes figuras se pueden observar el control de pesos de matico y ortiga.



Figura N° 21: Variación del %H del matico

Fuente: Autor



Figura N° 22: Variación del %H de la ortiga

Fuente: Autor

Para determinar el % de humedad se utilizó una termo balanza cuyos datos fueron comprobados con un cálculo gravimétrico que relaciona la pérdida de humedad y el porcentaje de masa seca.

En las siguientes figuras se pueden observar los análisis realizados en la termo balanza de matico y ortiga:

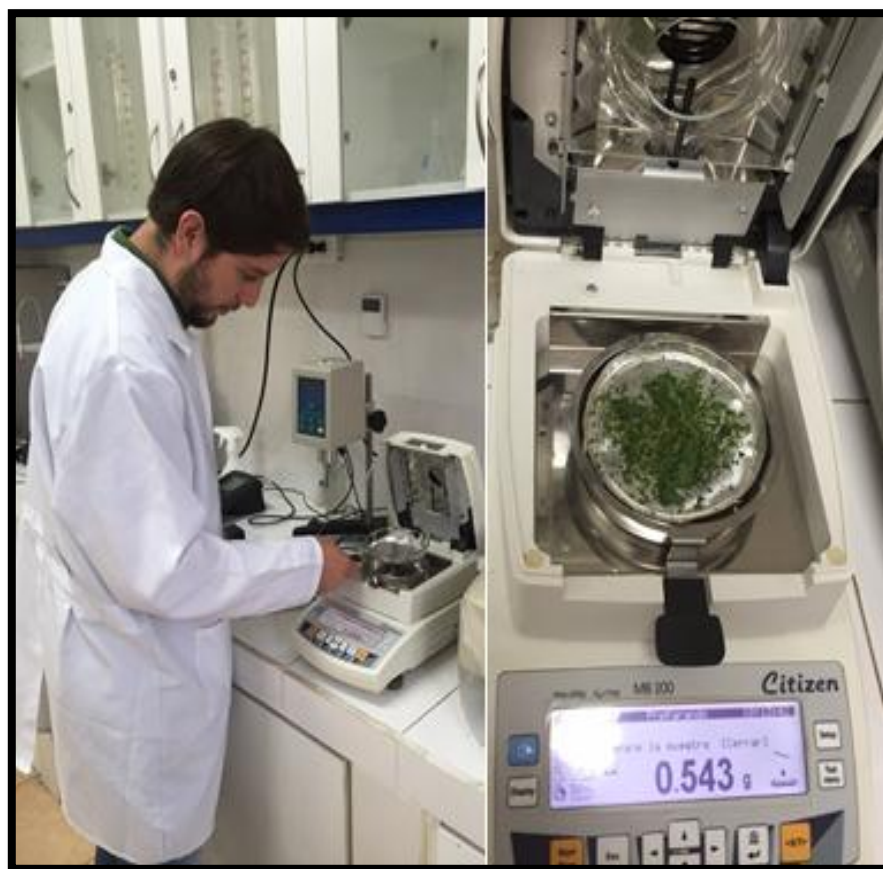


Figura N° 23: Determinación del % de Humedad en la termo balanza

Fuente: Autor

2.5.3. Determinación de las características físicas del matico y la ortiga en función de la humedad:

- **Matico**



Figura N° 24: Matico en estado fresco

Fuente: Autor



Figura N° 25: Matico en estado seco

Fuente: Autor

- Ortiga



Figura N° 26: Ortiga en estado fresco

Fuente: Autor



Figura N° 27: Ortiga en estado seco

Fuente: Autor

CAPÍTULO III

RESULTADOS

En este capítulo se demuestran los resultados alcanzados según el desarrollo de esta investigación “DETERMINACIÓN DE UN MODELO DE RATIO DE SECADO PARA EL MATICO Y ORTIGA PARA LOS PRODUCTORES LOCALES DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

3.1. MATICO

3.1.1. Características físicas del matico deshidratado

Las características físicas del matico deshidratado se pueden observar y sentir las al manipularlas.

Una vez que se a deshidratado el matico, la planta presenta un color verde oscuro. Su olor se reduce con el proceso de secado. El sabor aumenta. Presenta una textura muy quebradiza, los talles y hojas son frágiles y se rompen fácilmente. El tamaño se reduce en un 40 % debido a la eliminación de agua en el proceso de secado.

El matico deshidratado presenta las siguientes características físicas:

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL MATICO DESHIDRATADO											
CARACTERÍSTICA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COLOR	Verde oscuro								x		
OLOR	Agradable				x						
SABOR	Aumenta							x			
TEXTURA	Quebradiza										x
TAMAÑO	Reduce							x			

Cuadro N° 4: Características físicas del matico deshidratado

Elaborado por: Autor

3.1.2. Promedio del secado.

Se determinó el promedio de los pesos alcanzados en cada repetición realizada tomando en cuenta las temperaturas de secado:

En los siguientes cuadros se señala los promedios conseguidos durante el secado.

SECADO DE MATICO A 45° C							
TIEMPO	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA	6 HORA
Repetición 1	50,60	39,40	30,10	16,00	11,20	9,50	7,70
Repetición 2	50,20	40,00	31,60	15,50	11,00	9,00	7,40
Repetición 3	50,80	38,90	25,80	14,20	10,20	9,10	7,20
Repetición 4	50,10	40,20	29,00	16,50	11,60	9,70	7,60
PROMEDIO	50,43	39,63	29,13	15,55	11,00	9,33	7,48

Cuadro N° 5: Pesos promedio del matico a 45°

Elaborado por: Autor

SECADO DE MATICO A 55° C						
TIEMPO	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA
Repetición 1	50,50	32,00	18,40	13,60	9,50	7,40
Repetición 2	50,30	29,80	17,80	12,50	9,60	7,80
Repetición 3	50,60	30,50	18,10	11,20	9,40	7,50
Repetición 4	50,20	31,20	18,90	12,40	9,00	7,40
PROMEDIO	50,40	30,88	18,30	12,43	9,38	7,53

Cuadro N° 6: Pesos promedio del matico a 55°

Elaborado por: Autor

SECADO DE MATICO A 65° C					
TIEMPO	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA
Repetición 1	50,70	27,30	16,10	9,80	7,70
Repetición 2	50,30	26,50	14,40	10,10	7,60
Repetición 3	50,60	26,30	13,70	9,30	7,40
Repetición 4	50,80	25,60	15,20	9,90	7,10
PROMEDIO	50,60	26,43	14,85	9,78	7,45

Cuadro N° 7: Pesos promedio del matico a 65°

Elaborado por: Autor

3.1.3. Porcentaje de humedad durante el proceso de secado

La humedad obtenida en el secado es el resultado del tiempo que transcurre durante el proceso. En las primeras horas de secado la planta de matico elimina un gran porcentaje de agua.

En esta investigación se determinó el porcentaje de humedad del matico en estado fresco que es de aproximadamente el 80 %.

En los siguientes cuadros se puntualiza los componentes que actúan en el % de humedad.

PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL MATICO A 45°							
Tiempo	0	1	2	3	4	5	6
Peso	50,43	39,63	29,13	15,55	11,00	9,33	7,48
Pérdida de humedad		21,42	42,24	69,16	78,19	81,51	85,18
% de humedad	79,10	78,58	57,76	30,84	21,81	18,49	14,82

Cuadro N° 8: Porcentaje de humedad del Matico a 45°

Elaborado por: Autor

PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL MATICO A 55°						
Tiempo	0	1	2	3	4	5
Peso	50,40	30,88	18,30	12,43	9,38	7,53
Pérdida de humedad		38,74	63,69	75,35	81,40	85,07
% de humedad	78,90	61,26	36,31	24,65	18,60	14,93

Cuadro N° 9: Porcentaje de humedad del Matico a 55°

Elaborado por: Autor

PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL MATICO A 65°					
Tiempo	0	1	2	3	4
Peso	50,60	26,43	14,85	9,78	7,45
Pérdida de humedad		47,78	70,65	80,68	85,28
% de humedad	78,60	52,22	29,35	19,32	14,72

Cuadro N° 10: Porcentaje de humedad del Matico a 65°

Elaborado por: Autor

3.1.4. Representación del porcentaje de humedad

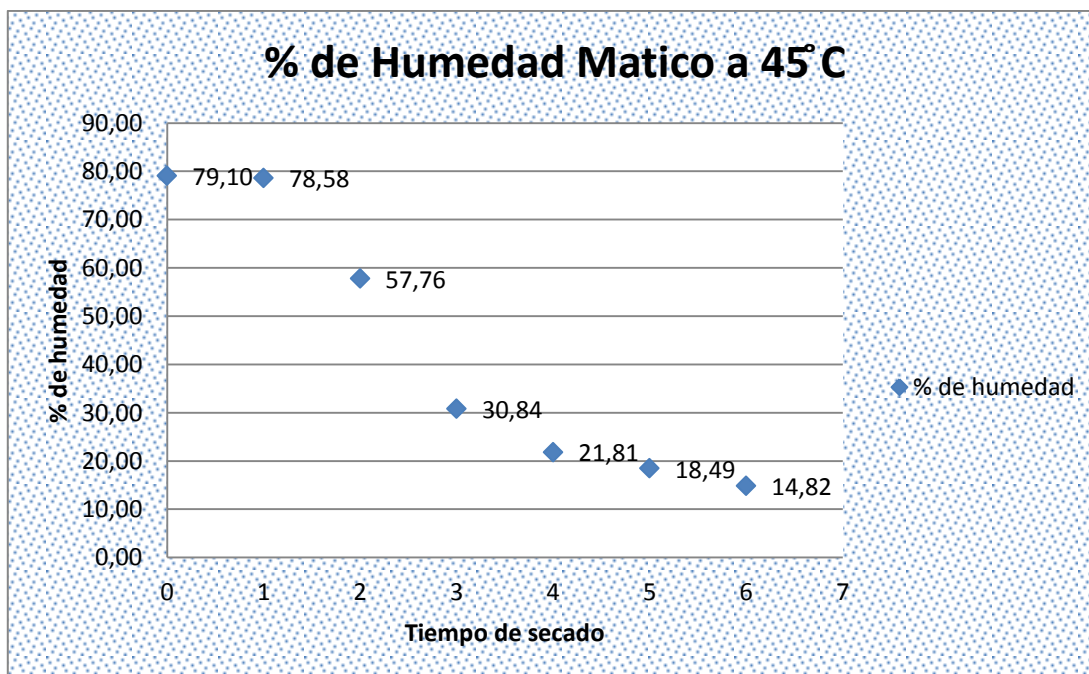


Figura N° 28: Porcentaje de humedad del Matico a 45°

Elaborado por: Autor

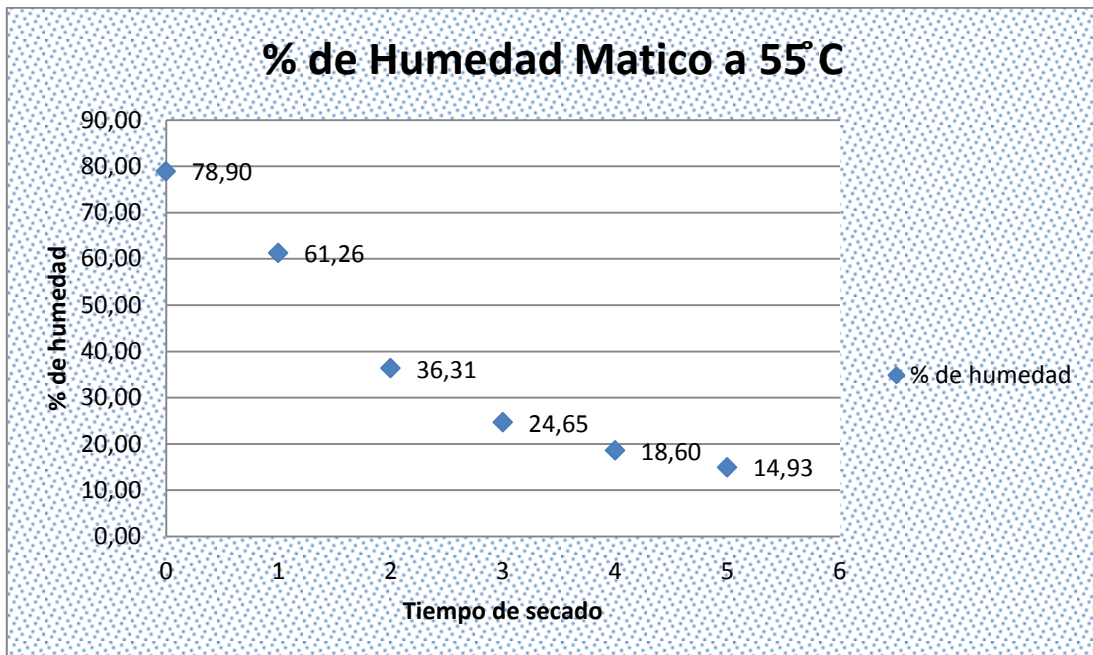


Figura N° 29: Porcentaje de humedad del Matico a 55°

Elaborado por: Autor

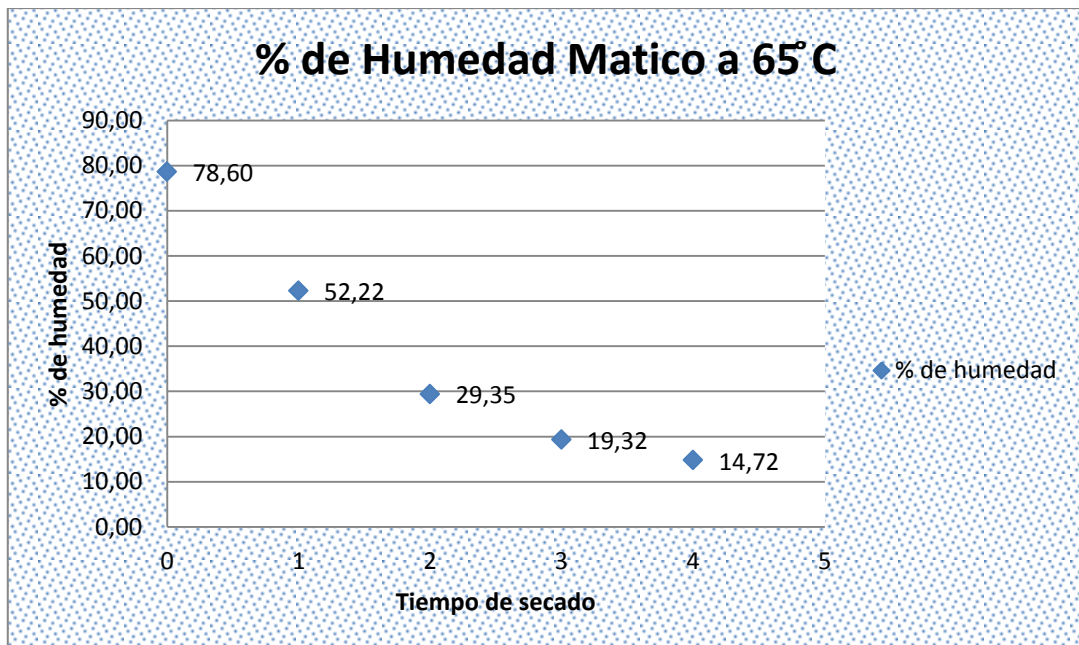


Figura N° 30: Porcentaje de humedad del Matico a 65°

Elaborado por: Autor

3.1.5. Linealización del ratio de secado.

Utilizando los pesos promedios obtenidos de cada repetición, se determinó el logaritmo natural y la masa relativa con respecto al tiempo.

Los datos obtenidos en la determinación del logaritmo natural y la masa relativa son representados mediante curvas cuyo valor de correlación es igual a 1.

En los siguientes cuadros se realiza la linealización del ratio.

LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE SECADO DEL MATICO A 45° C							
TIEMPO	0	1	2	3	4	5	6
MR	1,00	0,79	0,58	0,31	0,22	0,18	0,15
LN (MR)	0,00	-0,24	-0,55	-1,18	-1,52	-1,69	-1,91

Cuadro N° 11: Linealización del ratio de secado del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE SECADO DEL MATICO A 55° C						
TIEMPO	0	1	2	3	4	5
MR	1,00	0,61	0,36	0,25	0,19	0,15
LN (MR)	0,00	-0,49	-1,01	-1,40	-1,68	-1,90

Cuadro N° 12: Linealización del ratio de secado del matico a 55° C

Elaborado por: Autor

LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE SECADO DEL MATICO A 65° C					
TIEMPO	0	1	2	3	4
MR	1,00	0,52	0,29	0,19	0,15
LN (MR)	0,00	-0,65	-1,23	-1,64	-1,92

Cuadro N° 13: Linealización del ratio de secado del matico a 65° C

Elaborado por: Autor

3.1.6. Curvas de secado.

Al realizar la linealización del ratio de secado del matico se determinaron las curvas de secado del antilogaritmo con respecto al tiempo. Las ecuaciones lineales fueron las que más se ajustaron a un coeficiente de correlación de uno.

Con la determinación de las curvas de secado se aplica el modelo matemático de la curva característica obteniendo la ecuación $y = Ax + B$, la misma que será utilizada en la determinación de los ratios óptimos en la cinética del secado del matico.

En las siguientes figuras se pueden observar las curvas de LN (MR) en función al tiempo.

3.1.6.1. Curva de secado de LN(MR) vs Tiempo

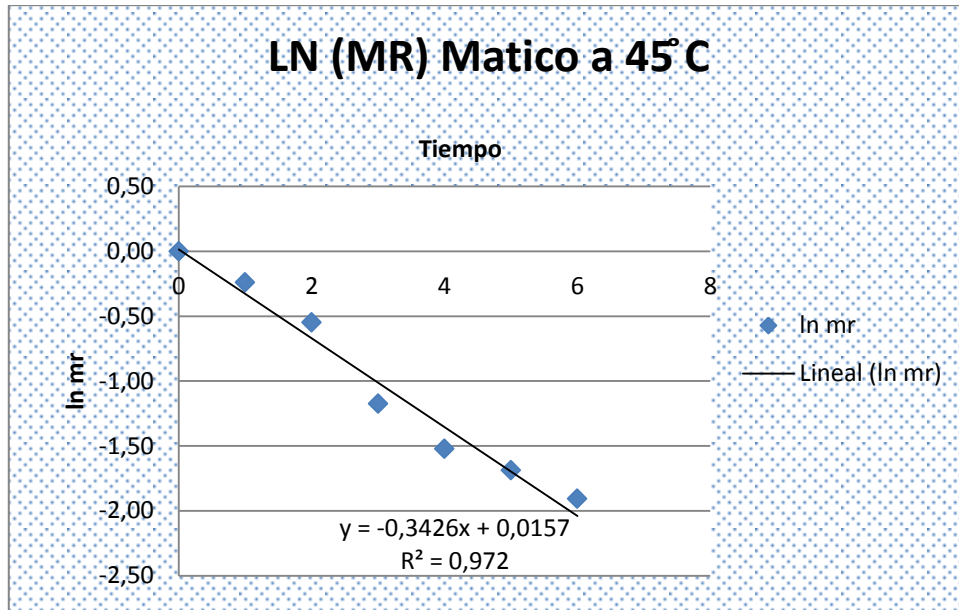


Figura N° 31: LN MR vs tiempo del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

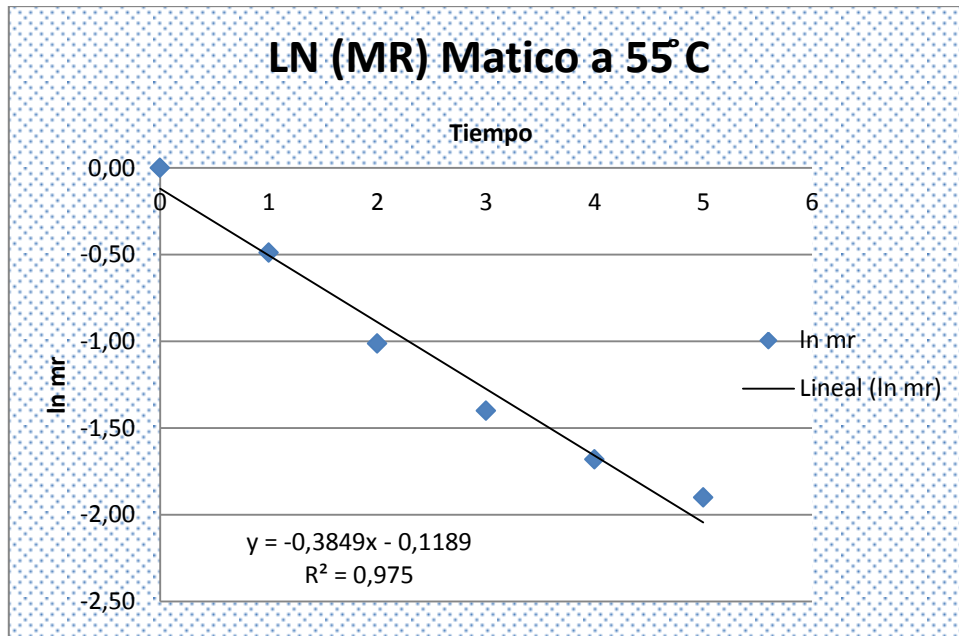


Figura N° 32: LN MR vs tiempo del matico a 55° C

Elaborado por: Autor

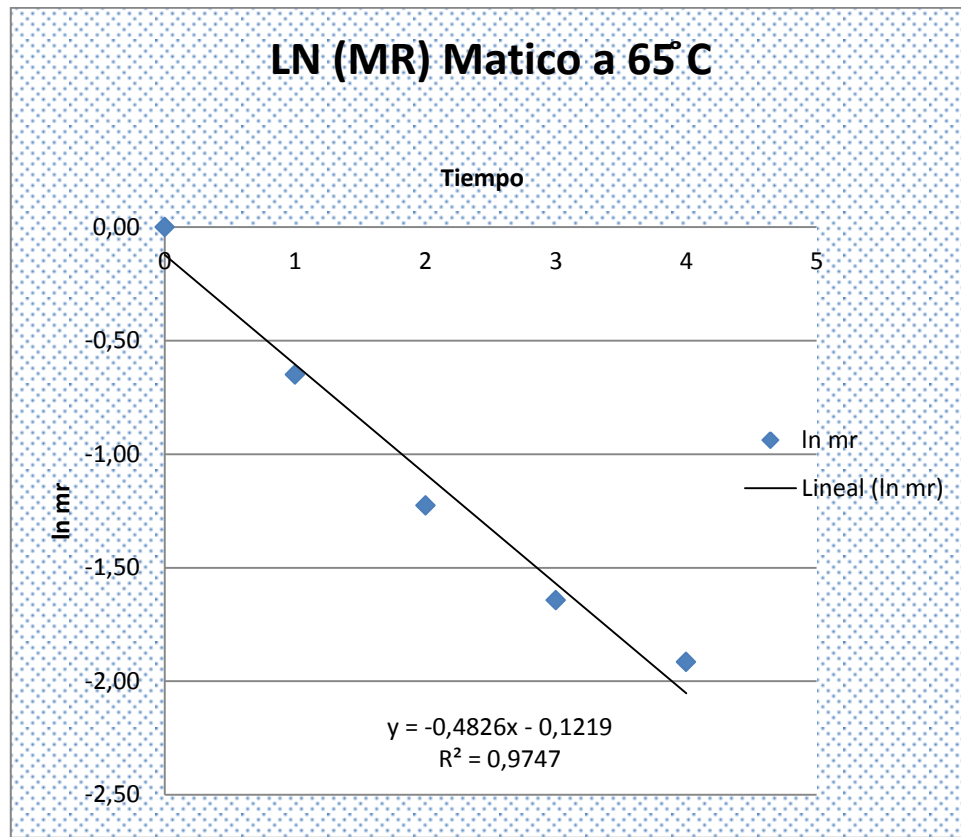


Figura N° 33: LN MR vs tiempo del matico a 65° C

Elaborado por: Autor

3.1.6.2. Curva de secado de la Masa Relativa en función del tiempo.

Con la determinación de la linealización del ratio de secado del matico se obtuvo la masa relativa con respecto al tiempo. Las ecuaciones exponenciales fueron las curvas que más se acercaron a un coeficiente de correlación de uno.

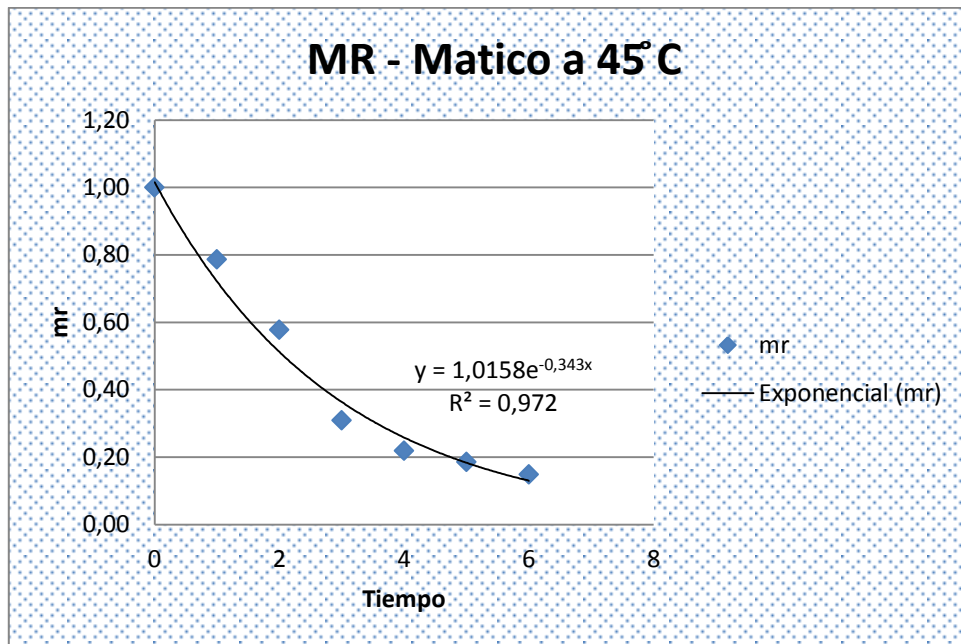


Figura N° 34: MR vs tiempo del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

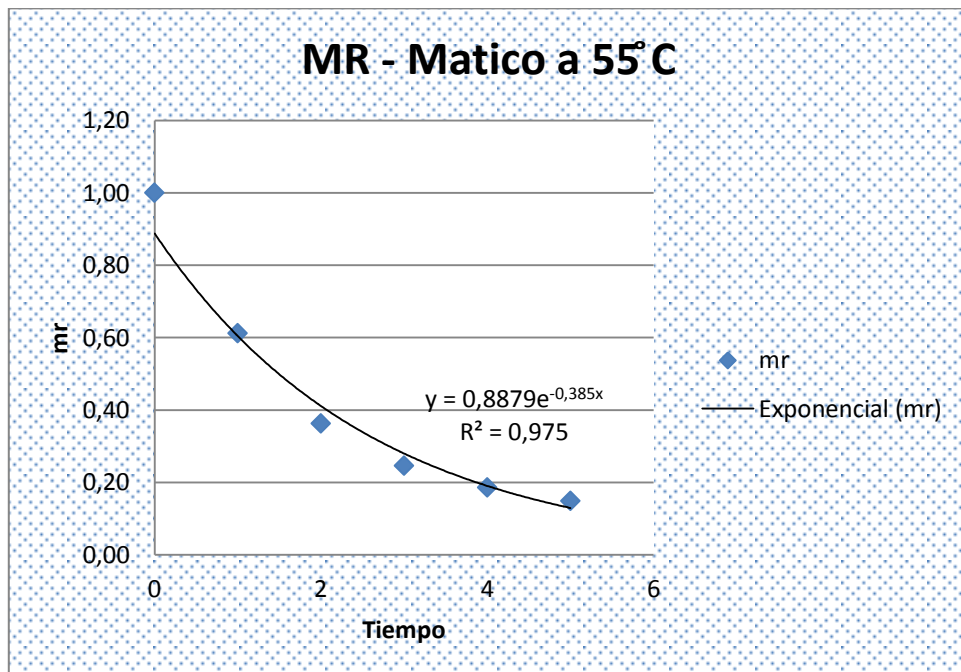


Figura N° 35: MR vs tiempo del matico a 55° C

Elaborado por: Autor

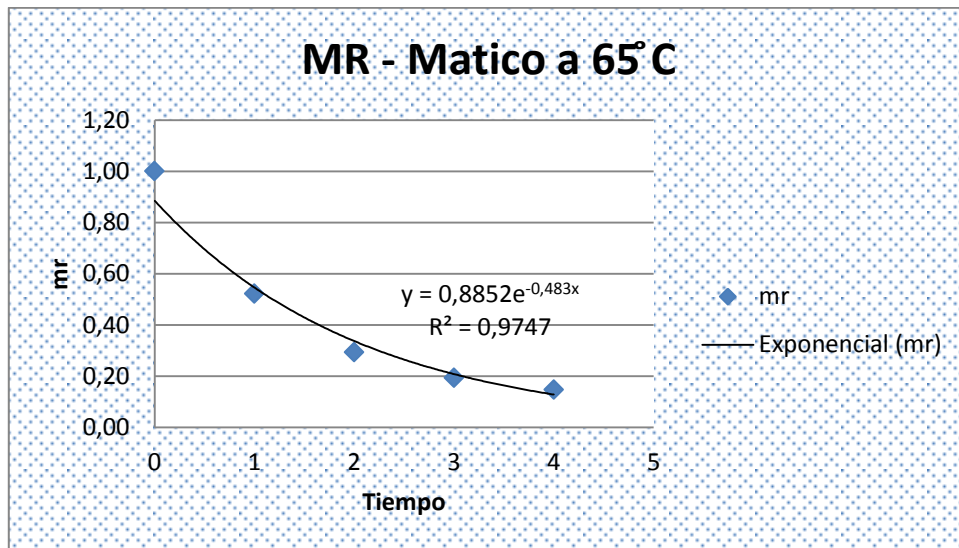


Figura N° 36: MR vs tiempo del matico a 65° C

Elaborado por: Autor

3.1.7. Determinación de la constante “A”.

Con los resultados obtenidos durante el cálculo de linealización del ratio del secado del matico y la representación mediante curvas de LN (MR) y MR con respecto al tiempo; se obtiene la constante de regresión representada con la letra “A”.

La constante “A” representa la eliminación de agua durante el proceso de secado según el tiempo que conlleva el proceso, tomando en cuenta distintas temperaturas de secado.

En la siguiente figura se pueden observar las curvas de “A” en función al tiempo.

TEMPERATURAS	CONSTANTE "A"
45 °C	0,0157
55 °C	-0,1189
65 °C	-0,1219

Cuadro N° 14: Variable "A" del matico

Elaborado por: Autor

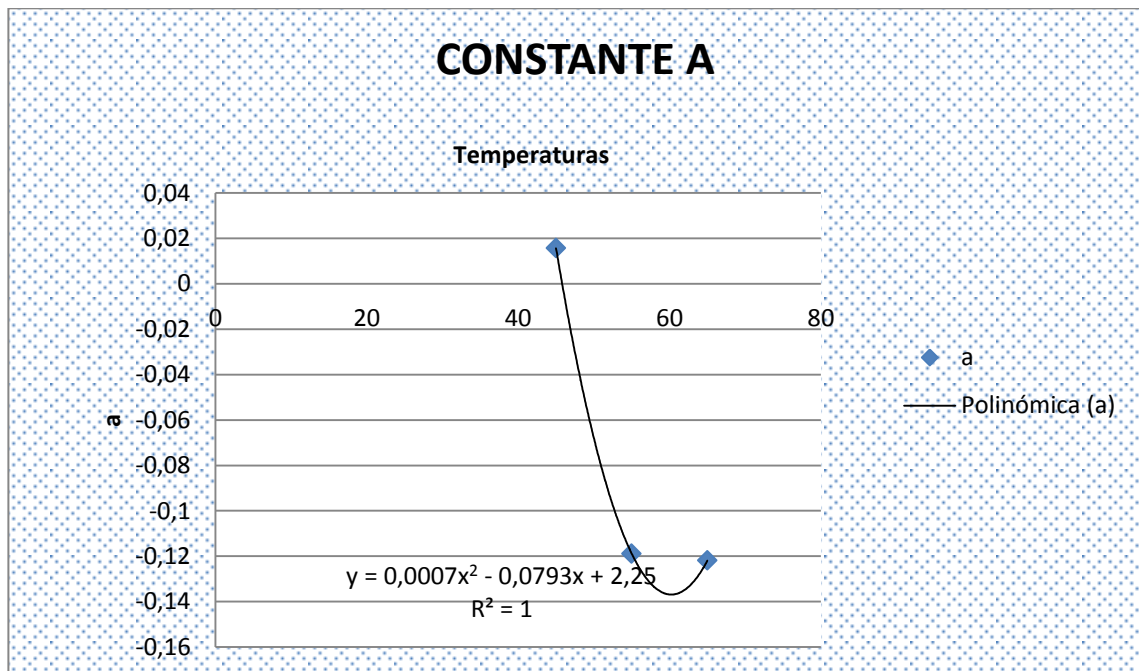


Figura N° 37: Variable "A" del matico

Elaborado por: Autor

3.1.8. Determinación de la constante "B"

Según los datos logrados en la linealización del ratio del secado del matico y la representación mediante curvas de LN (MR) y MR con respecto al tiempo; se obtiene la constante "B".

La constante “B” determina la dinámica del secado del producto con relación a la temperatura a la que está expuesta, tomando en cuenta el % de pérdida de humedad durante el proceso.

En la siguiente figura se puede observar la determinación de la constante “B” con respecto al tiempo.

TEMPERATURAS	CONSTANTE “B”
45 °C	-0,3426
55 °C	-0,3849
65 °C	-0,4826

Cuadro N° 15: Variable “B” del matico

Elaborado por: Autor

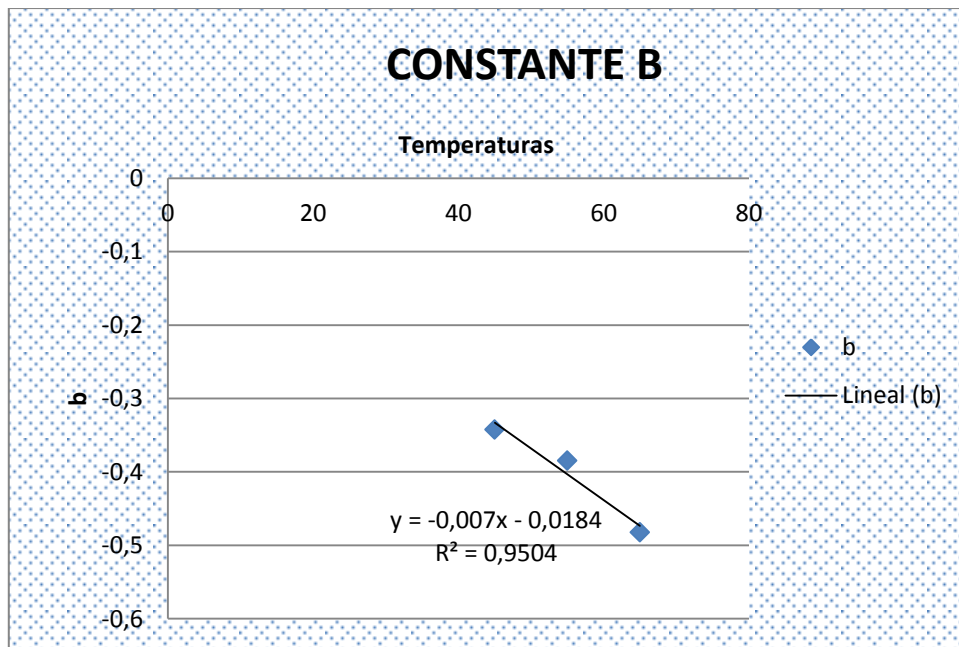


Figura N° 38: Variable “B” del matico

Elaborado por: Autor

3.1.9. Ratio de secado.

El ratio de secado es un parámetro muy importante a considerarse en la cinética del secado, constituye el tiempo que conlleva el proceso; generalmente este parámetro esta dado en horas o en días.

Para la determinación del ratio de secado del matico se aplica las constantes de regresión obtenidas a partir de la linealización del ratio. Con la determinación del ratio de secado se pretende obtener una masa relativa de 0,15 gramos, debido a que varias investigaciones demuestran que al obtener este peso se ha eliminado un gran porcentaje de agua.

En los siguientes cuadros se detalla los ratios de secado obtenidos en esta investigación.

TEMPERATURA	45 grados centígrados
MASA RELATIVA	0,15 gramos
CONSTANTE A	0,099
CONSTANTE B	-0,3334
RATIO DE SECADO	6 horas

Cuadro N° 16: Ratio de secado del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

TEMPERATURA	55 grados centígrados
MASA RELATIVA	0,15 gramos
CONSTANTE A	0,006
CONSTANTE B	-0,4034
RATIO DE SECADO	5 horas

Cuadro N° 17: Ratio de secado del matico a 55° C

Elaborado por: Autor

TEMPERATURA	65 grados centígrados
MASA RELATIVA	0,15
CONSTANTE A	0,053
CONSTANTE B	-0,4734
RATIO DE SECADO	4 horas

Cuadro N° 18: Ratio de secado del matico a 65° C

Elaborado por: Autor

3.2. ORTIGA

3.2.1. Características físicas de la ortiga deshidratada.

La ortiga deshidratada presenta las siguientes características.

- Color. Verde oscuro tendiendo a ser café.
- Olor. Se reduce pero es agradable al sentido del olfato.
- Sabor. Aumenta, por su excelente sabor es utilizado en infusiones.
- Textura. Presenta una textura quebradiza.
- Tamaño. Su tamaño se reduce aproximadamente el 40 %.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA ORTIGA DESHIDRATADA											
CARACTERÍSTICA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COLOR	Verde oscuro							x			
OLOR	Reduce				x						
SABOR	Aumenta								x		
TEXTURA	Quebradiza									x	
TAMAÑO	Reduce							x			

Cuadro N° 19: Características físicas de la ortiga deshidratada

Elaborado por: Autor

3.2.2. Promedio del secado.

Se ejecutó un promedio de los pesos obtenidos a diferentes temperaturas en el proceso de secado.

En los siguientes cuadros se indica los promedios obtenidos en el proceso de secado a distintas temperaturas.

SECADO DE ORTIGA A 45°C							
TIEMPO	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA	6 HORA
Repetición 1	50,20	38,00	27,60	15,80	10,40	9,80	7,50
Repetición 2	50,70	37,80	26,40	15,00	10,60	9,40	7,70
Repetición 3	50,80	37,00	25,80	14,20	10,20	9,10	7,60
Repetición 4	50,60	37,40	26,60	15,10	10,50	9,30	7,60
PROMEDIO	50,58	37,55	26,60	15,03	10,43	9,40	7,60

Cuadro N° 20: Pesos promedio de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

SECADO DE ORTIGA A 55°						
TIEMPO	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA
Repetición 1	50,80	31,80	19,80	13,00	9,00	7,80
Repetición 2	50,20	27,40	16,80	12,20	9,10	7,20
Repetición 3	50,40	28,00	16,00	10,60	9,40	7,00
Repetición 4	50,60	27,80	17,20	11,80	9,60	7,50
PROMEDIO	50,50	28,75	17,45	11,90	9,28	7,38

Cuadro N° 21: Pesos promedio de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

SECADO DE ORTIGA A 65°C					
TIEMPO	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA
Repetición 1	50,40	26,60	15,40	10,20	7,80
Repetición 2	50,60	25,00	13,40	9,40	7,30
Repetición 3	50,80	24,20	12,00	9,80	6,90
Repetición 4	50,30	23,80	14,00	10,20	7,80
PROMEDIO	50,53	24,90	13,70	9,90	7,45

Cuadro N° 22: Pesos promedio de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

3.2.3. Porcentaje de humedad durante el proceso de secado

Para la determinación del porcentaje de humedad de la ortiga se tomó en cuenta el porcentaje de humedad de la planta en estado fresco la cual posee un porcentaje de humedad de aproximadamente el 80 %.

En los siguientes cuadros se calcula el porcentaje de humedad de la ortiga.

PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA Ortiga a 45°C							
Tiempo	0	1	2	3	4	5	6
Peso	50,58	37,55	26,60	15,03	10,43	9,40	7,60
Pérdida de humedad		25,75	47,40	70,29	79,39	81,41	84,97
% de humedad	77,50	74,25	52,60	29,71	20,61	18,59	15,03

Cuadro N° 23: Porcentaje de humedad de la ortiga a 45°C

Elaborado por: Autor

PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA ORTIGA A 55°C						
Tiempo	0	1	2	3	4	5
Peso	50,50	28,75	17,45	11,90	9,28	7,38
Pérdida de humedad		43,07	65,45	76,44	81,63	85,40
% de humedad	76,40	56,93	34,55	23,56	18,37	14,60

Cuadro N° 24: Porcentaje de humedad de la ortiga a 55°C

Elaborado por: Autor

PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA ORTIGA A 65°C					
Tiempo	0	1	2	3	4
Peso	50,53	24,90	13,70	9,90	7,45
Pérdida de humedad		50,72	72,88	80,41	85,25
% de humedad	76,80	49,28	27,12	19,59	14,75

Cuadro N° 25: Porcentaje de humedad de la ortiga a 65°C

Elaborado por: Autor

3.2.4. Representación del porcentaje de humedad

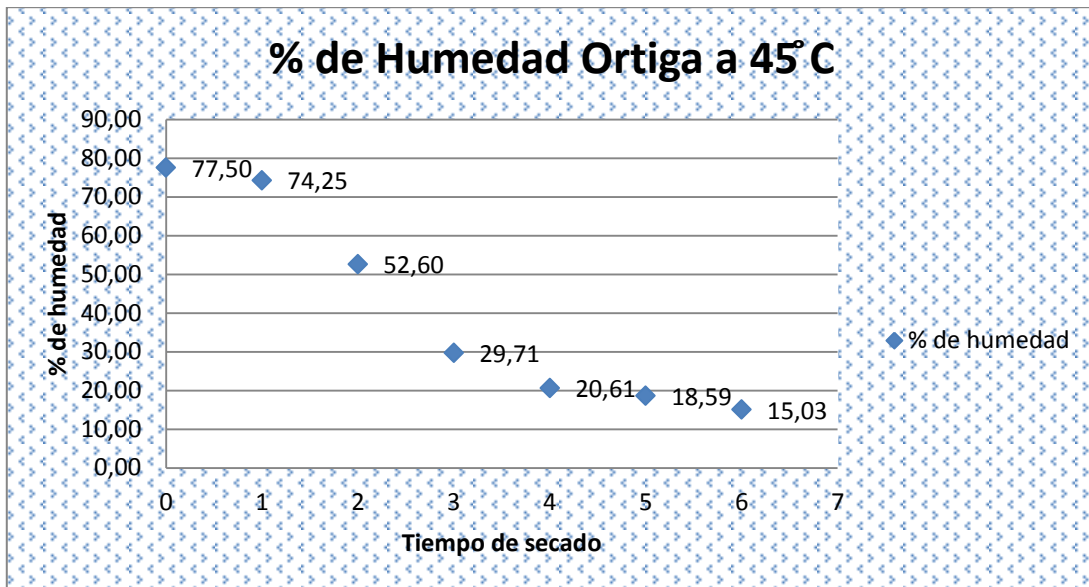


Figura N° 39: Porcentaje de humedad de la ortiga a 45°C

Elaborado por: Autor

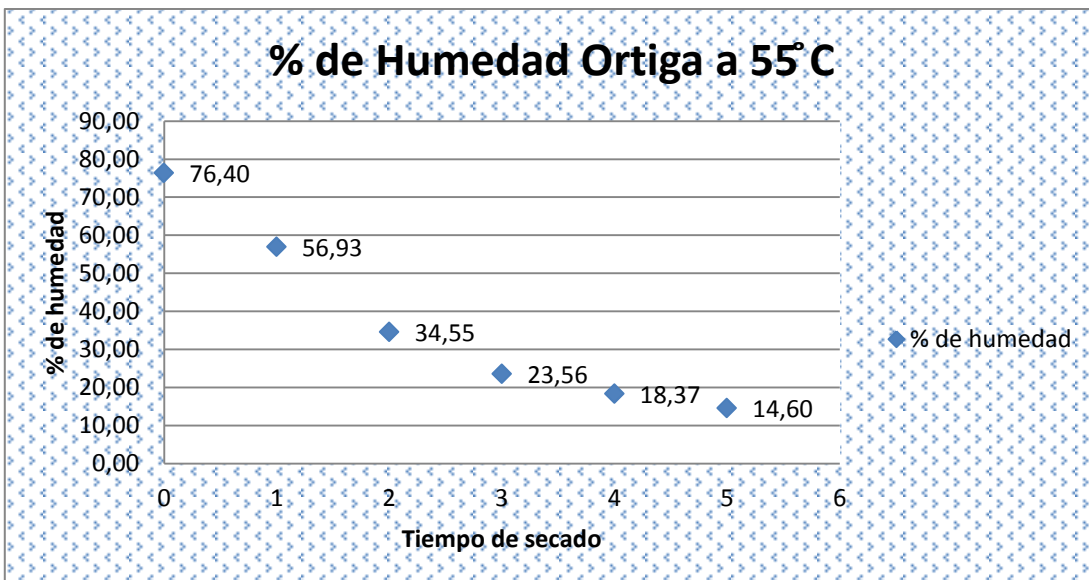


Figura N° 40: Porcentaje de humedad de la ortiga a 55°C

Elaborado por: Autor

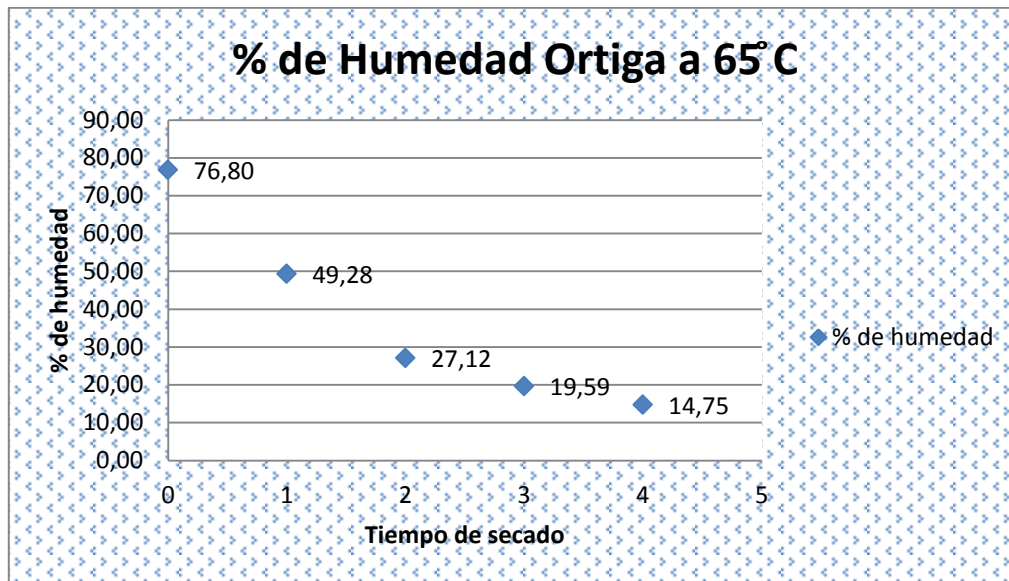


Figura N° 41: Porcentaje de humedad de la ortiga a 65°C

Elaborado por: Autor

3.2.5. Linealización del ratio de secado.

En los siguientes cuadros se efectúa la determinación del logaritmo natural y la masa relativa con respecto al tiempo.

LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE SECADO DE LA ORTIGA A 45° C							
TIEMPO	0	1	2	3	4	5	6
MR	1,00	0,74	0,53	0,30	0,21	0,19	0,15
LN (MR)	0,00	-0,30	-0,64	-1,21	-1,58	-1,68	-1,90

Cuadro N° 26: Linealización del ratio de secado de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE SECADO DE LA ORTIGA A 55° C						
TIEMPO	0	1	2	3	4	5
MR	1,00	0,57	0,35	0,24	0,18	0,15
LN (MR)	0,00	-0,56	-1,06	-1,45	-1,69	-1,92

Cuadro N° 27: Linealización del ratio de secado de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE SECADO DE LA ORTIGA A 65° C					
TIEMPO	0	1	2	3	4
MR	1,00	0,49	0,27	0,20	0,15
LN (MR)	0,00	-0,71	-1,31	-1,63	-1,91

Cuadro N° 28: Linealización del ratio de secado de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

3.2.6. Curvas de secado.

3.2.6.1. Curva de secado de LN (MR) vs Tiempo

Al realizar la linealización del ratio de secado se procede a realizar la representación de los datos adquiridos mediante curvas; para de esta forma obtener la ecuación dada por el modelo matemático de la curva característica. Las ecuaciones lineales fueron las que más se acercaron a un coeficiente de correlación de uno.

En las siguientes figuras se puede observar la representación del logaritmo natural de la masa relativa.

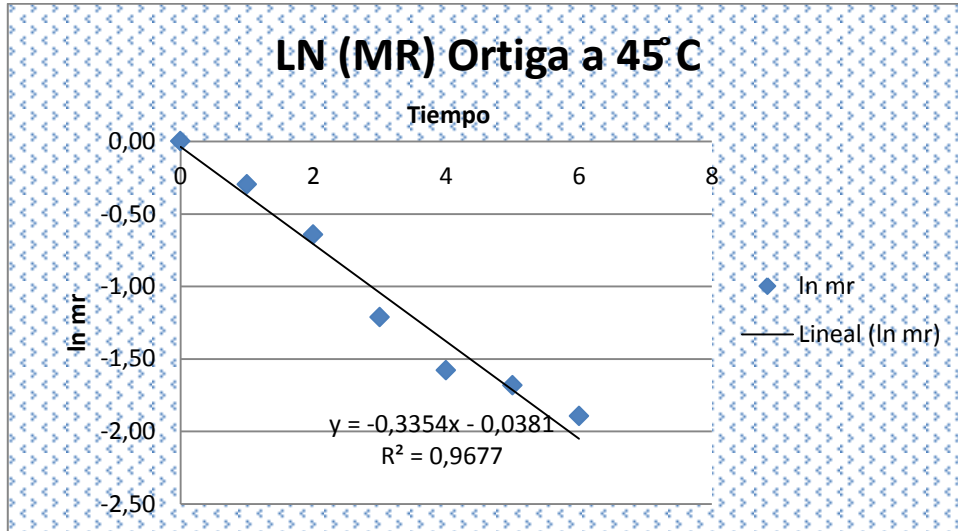


Figura N° 42: LN MR vs tiempo de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

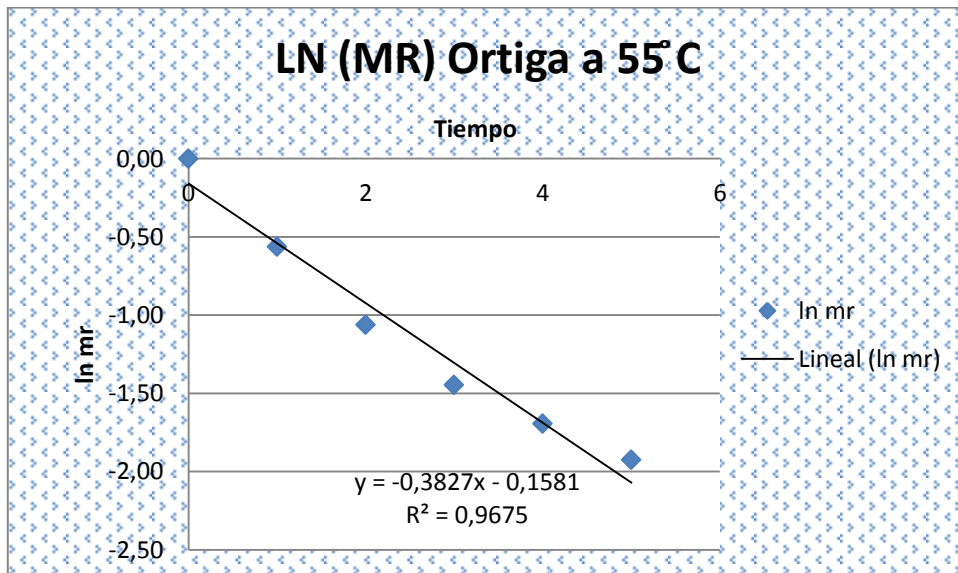


Figura N° 43: LN MR vs tiempo de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

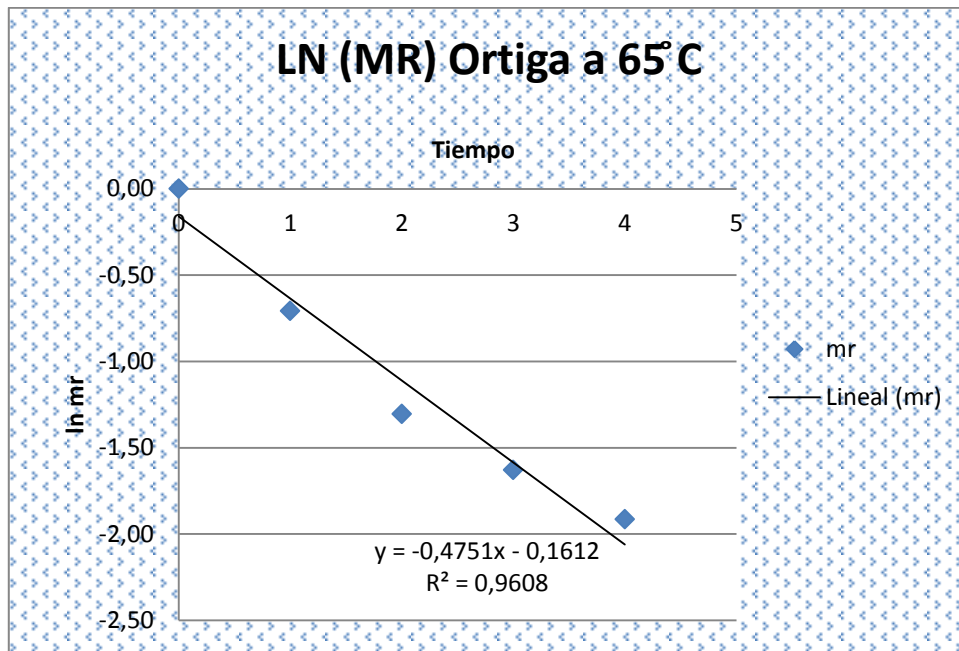


Figura N° 44: LN MR vs tiempo de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

3.2.6.2. Curva de secado de la Masa Relativa en función del tiempo.

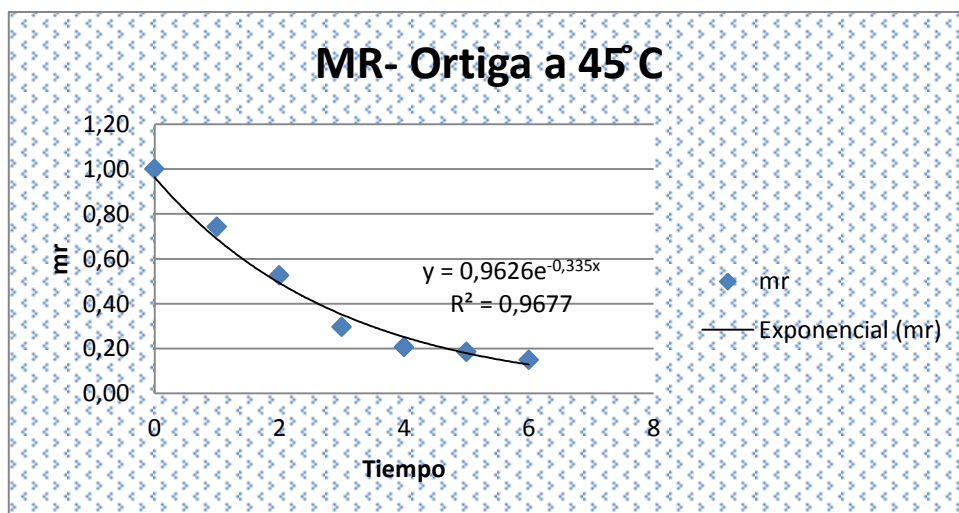


Figura N° 45: MR vs tiempo de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

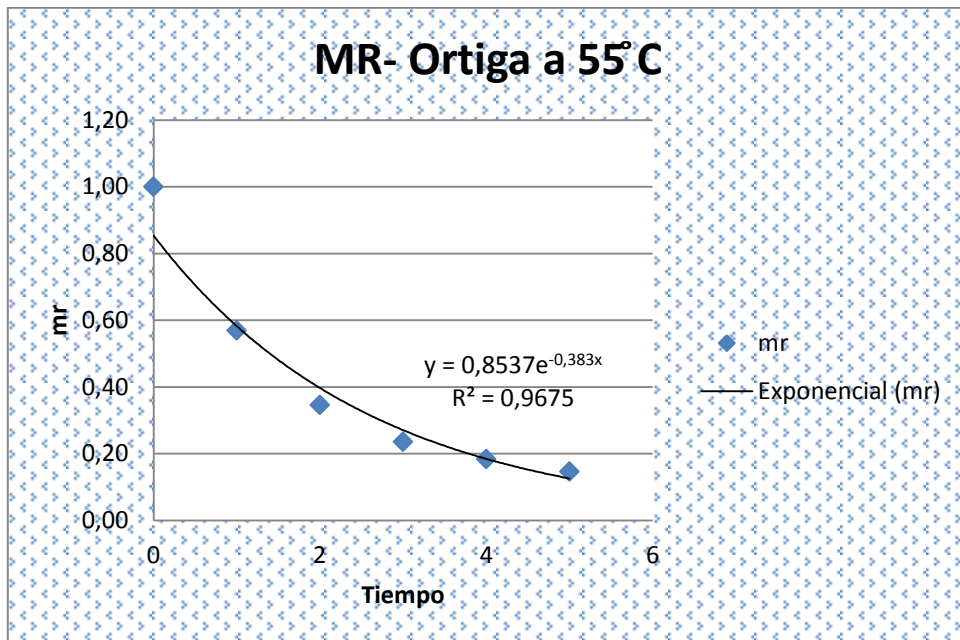


Figura N° 46: MR vs tiempo de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

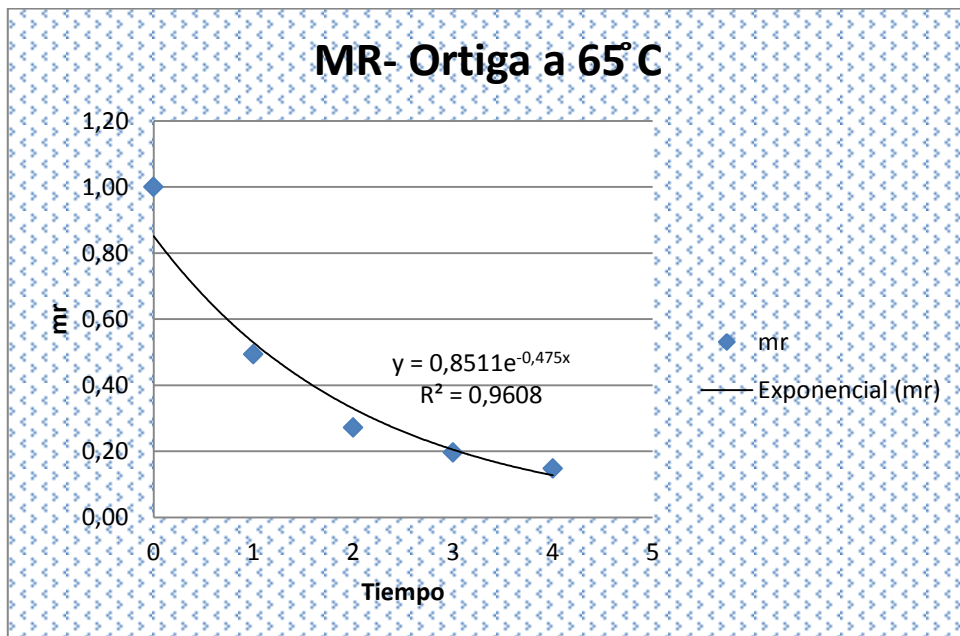


Figura N° 47: MR vs tiempo de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

3.2.7. Determinación de la constante “A”.

TEMPERATURAS	CONSTANTE “A”
45 °C	-0,0381
55 °C	-0,1581
65 °C	-0,1612

Cuadro N° 29: Variable “A” de la ortiga

Elaborado por: Autor

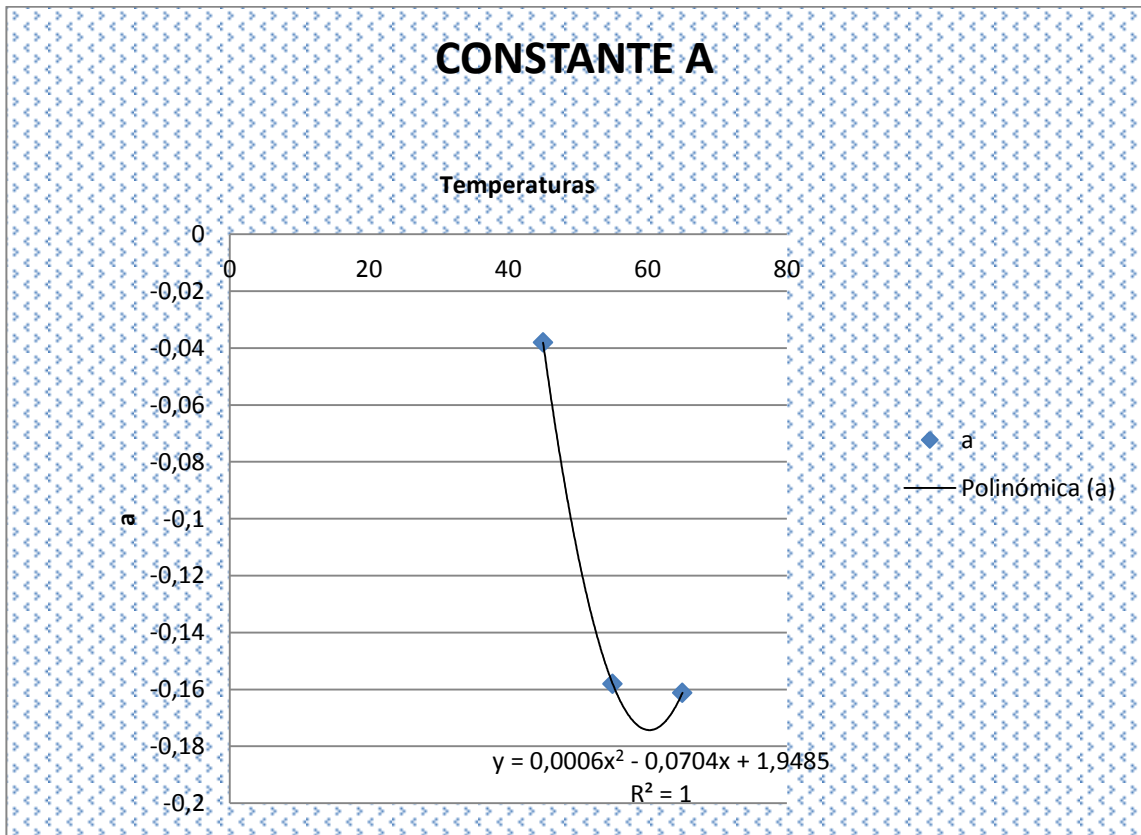


Figura N° 48: Variable “A” de la ortiga

Elaborado por: Autor

1.1.1. Determinación de la constante “B”

TEMPERATURAS	CONSTANTE “B”
45 °C	-0,3354
55 °C	-0,3827
65 °C	-0,4751

Cuadro N° 30: Variable “B” de la ortiga

Elaborado por: Autor

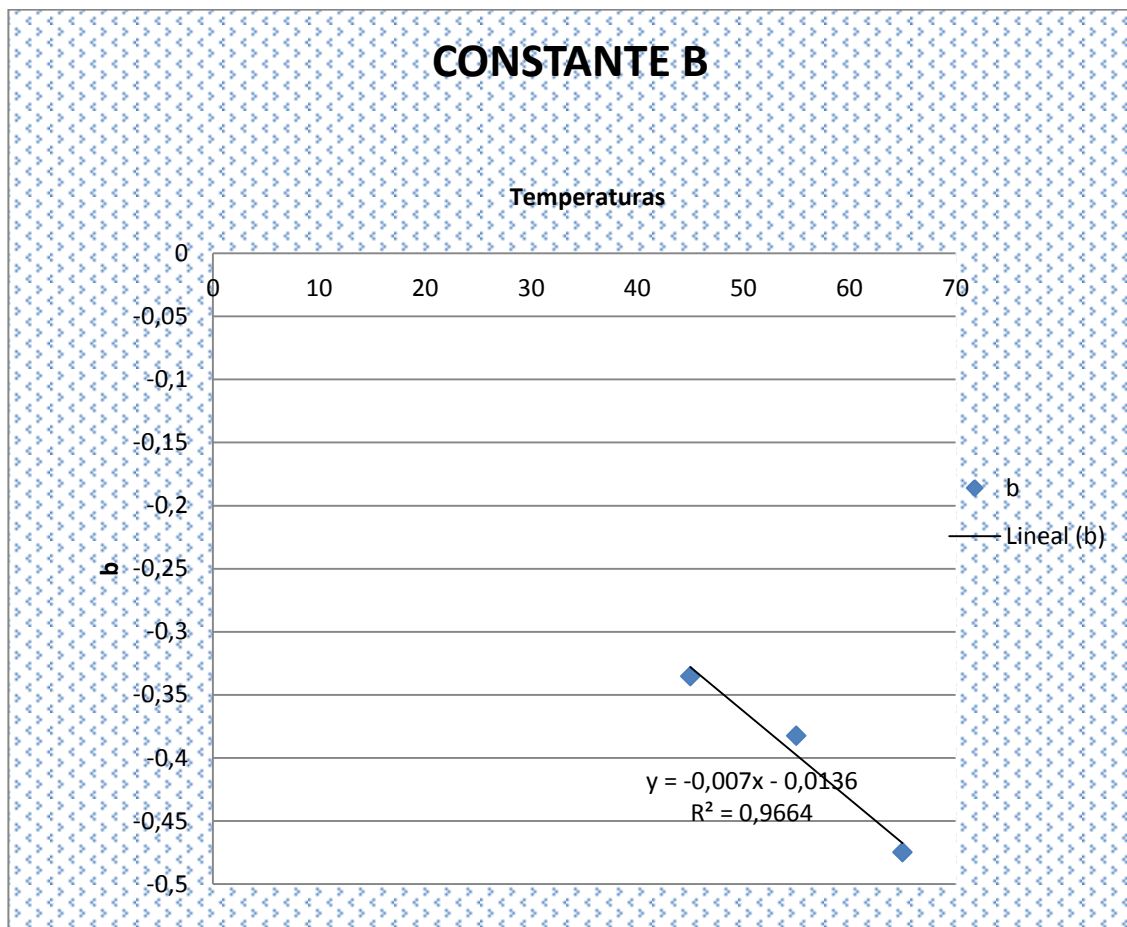


Figura N° 49: Variable “B” de la ortiga

Elaborado por: Guerrero Sebastián 2015

1.1.2. Ratio de secado.

TEMPERATURA	45 grados centígrados
MASA RELATIVA	0,15 gramos
CONSTANTE A	-0,0045
CONSTANTE B	-0,3286
RATIO DE SECADO	6 horas

Cuadro N° 31: Ratio de secado de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

TEMPERATURA	55 grados centígrados
MASA RELATIVA	0,15 gramos
CONSTANTE A	-0,1085
CONSTANTE B	-0,3986
RATIO DE SECADO	5 horas

Cuadro N° 32: Ratio de secado de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

TEMPERATURA	65 grados centígrados
MASA RELATIVA	0,15 gramos
CONSTANTE A	-0,0925
CONSTANTE B	-0,4686
RATIO DE SECADO	4 horas

Cuadro N° 33: Ratio de secado de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN

La presente investigación determinó un modelo de ratio de secado en matico y ortiga para los productores locales de la provincia de Chimborazo, los resultados obtenidos demostraron, que en estas especies de plantas aromáticas la velocidad del secado es acelerada al igual que el tiempo que implica esta operación.

El contenido de humedad de las plantas aromáticas de la investigación llegó a un porcentaje entre el 13% al 15%, cuyos valores coinciden con el Manual Agro Plantas.

Se realizó un secado de matico y ortiga a temperaturas de 45, 55, 65 grados centígrados, hasta conseguir pesos constantes. El tiempo utilizado en el secado de ambas especies de plantas varía de cuatro a seis horas.

El ratio de secado abarca el peso de muestreo en cada fase del secado, en función del tiempo, temperatura y humedad dentro del proceso.

En el ratio de secado las curvas de la masa relativa (**MR**) denotan una tendencia al gráfico de una parábola, en tanto que las curvas de secado del antilogaritmo de la masa relativa (**LN MR**) denotan una tendencia a una recta.

El ratio de secado determinó que a temperaturas de 45° C el matico y la ortiga se secan en un periodo de 4 horas, a 55° C en 5 horas y a 65° C en 6 horas, estos valores coinciden con los obtenidos en la parte experimental.

El ratio de secado es utilizado para estandarizar el secado en plantas aromáticas, de manera que puedan ser utilizadas a diferentes condiciones de humedad relativa, velocidad del aire y temperatura.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.CONCLUSIONES

- Al realizar el proceso de secado con el transcurso del tiempo las plantas de matico y ortiga alcanzaron un porcentaje de masa relativa de aproximadamente el 15%, además de un cambio notorio en sus características físicas.
- Las plantas de matico y ortiga al ser sometidas a distintas temperaturas de secado eliminan aproximadamente el 40% de su contenido de agua.
- Se determinó el modelo de ratio de secado de matico y ortiga utilizando el modelo matemático de la curva característica basado en la ecuación $y = Ax + B$.
- El ratio de secado permite simular la velocidad y los tiempos necesarios de operación en plantas aromáticas como el matico y la ortiga.

5.2.RECOMENDACIONES

- Se recomienda en el secado de plantas como el matico y ortiga realizarse a temperaturas entre los 40 a 60 grados centígrados puesto que son condiciones a las cuales no se producen cambios en las características físicas y químicas de estas plantas.
- Es necesario realizar la toma de datos del secado en intervalos de tiempo no mayores a una hora puesto que en esta etapa las plantas pierden la mayor cantidad de agua.
- Utilizar equipos que permitan mantener el contenido de humedad durante el control de pesos.
- Es recomendable considerar la relación del flujo de aire dentro del secador ya que a una mayor velocidad de aire caliente mayor es la perdida de humedad.
- Al determinar el porcentaje de humedad es recomendable hacerlo mediante métodos gravimétricos y el uso de una termobalanza, con el fin de comprobar los datos logrados.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1.TITULO DE LA PROPUESTA

APLICACIÓN DEL MODELO DE RATIO DE SECADO DE MATICO Y ORTIGA EN LA ASOCIACIÓN DE AGRICULTORES DE PLANTAS AROMÁTICAS UBICADA EN LA PARROQUIA LLUCUT.

6.2.INTRODUCCIÓN

La presente propuesta tiene como principio fundamental la aplicación del modelo de ratio de secado de matico y ortiga, en la asociación de agricultores de plantas aromáticas ubicada en la parroquia Llucut; con la finalidad de emprender en una nueva empresa dedicada al secado de plantas para así obtener mejores réditos económicos.

Este modelo de ratio tiene por objeto predeterminar la dinámica del secado para aplicar en diferentes procesos, como son: los de simulación matemática en secadores artificiales, que permitiría el diseño eficiente de un modelo de ratio de secado en el matico y ortiga.

En esta propuesta se proyecta obtener niveles óptimos de humedad según las características físicas del matico y ortiga, con el fin de obtener productos de calidad con una mayor vida útil.

La aplicación del modelo de ratio será de gran utilidad debido a que a través del mismo se puede realizar el control de temperaturas y tiempos según el peso del producto a ser deshidratado.

6.3.OBJETIVOS

6.3.1. General

Emplear el modelo de ratio de secado de matico y ortiga en la asociación de agricultores de plantas aromáticas ubicada en la parroquia Llucut.

6.3.2. Específicos

- Analizar las características físicas del matico y ortiga durante el proceso de secado.
- Determinar el porcentaje de humedad en función a la variación del peso del producto durante el proceso de secado.
- Analizar la significancia en los datos que existen en los productos con respecto a la temperatura empleada en el proceso de secado.

6.4.FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO –TÉCNICA

6.4.1. Secado

El secado es un proceso en el que el agua se elimina para detener o aminorar el crecimiento de microorganismos perjudiciales, así como de ciertas reacciones químicas.

La eliminación de agua de los alimentos se consigue mayoritariamente utilizando aire caliente (excepto para algunas operaciones tales como liofilización y deshidratación osmótica) que elimina el agua de la superficie del producto y la lleva hacia fuera.

El proceso de secado de alimentos no sólo afecta al contenido en agua del alimento, sino también a otras de sus características físicas y químicas. Además de la conservación, el secado que convierte el alimento en un producto seco, se utiliza para reducir el coste o dificultad en el embalaje, manejo, almacenamiento y transporte, pues el secado reduce el peso y a veces el volumen.

Durante el secado se producen cuatro fenómenos de transporte:

- Transmisión de calor desde el aire hasta la superficie del producto.
- Transmisión de calor desde la interfase sólido-aire hasta el interior del sólido.
- Transmisión de materia a través del sólido.
- Transferencia de vapor desde la interfase sólido –aire hacia el seno del aire. Xue keking. [13]

6.4.2. Ratio de secado

La duración del proceso de secado es el parámetro más indispensable en la evaluación de un secador.

El ratio de secado se define como el tiempo que transcurre desde que el secador es cargado con producto húmedo hasta que el producto haya alcanzado el contenido de humedad deseado. [11]

6.4.3. Modelo matemático de la curva característica.

6.4.3.1. Definición

El método de la curva característica es utilizado para estandarizar las cinéticas de secado, además de modelarlas, de manera que puedan ser utilizadas a diferentes condiciones de humedad relativa, velocidad del aire y temperatura. [7]

6.4.1.2. Características

La aplicación del modelo de ratio de secado de la curva característica se caracteriza por determinar el % de humedad de un producto de acuerdo a un proceso de secado; además de analizar la duración del secado, estableciendo rangos de tiempos óptimos a distintas temperaturas. [7]

6.4.1.3. Curvas de secado

Las curvas de secado de un producto es la representación del contenido de humedad del producto con respecto al tiempo. En la siguiente figura se puede observar las curvas de secado de un producto. [13]

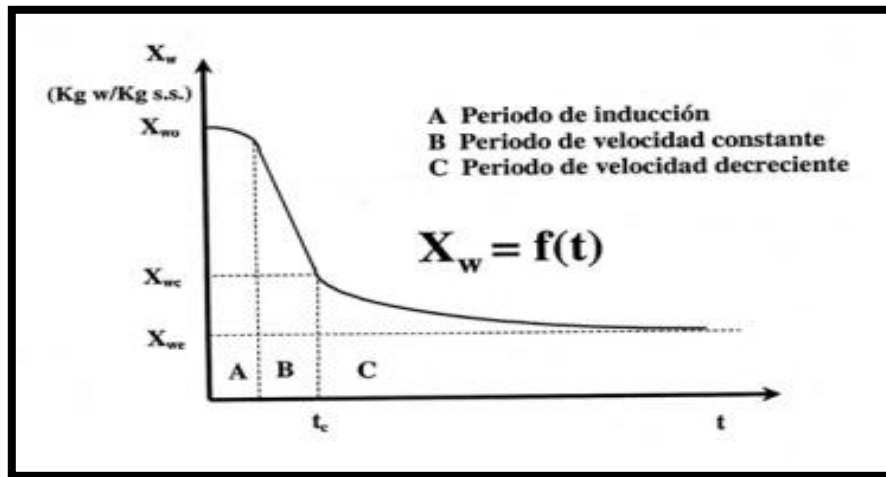


Figura N° 50: Curvas de secado de un producto

Fuente: Tabar, J. (2011).

6.5.DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

Esta propuesta tiene por objeto fundamental la aplicación del modelo de ratio de secado de matico y ortiga, en la asociación de agricultores de plantas aromáticas ubicada en la parroquia Llucut.

Para la determinación del ratio de secado se puede utilizar diferentes modelos matemáticos; en esta propuesta se recomienda utilizar el modelo matemático de la curva característica basado en la ecuación $y = Ax + B$.

La ecuación $y = Ax + B$ es de gran utilidad ya que permite determinar los tiempos óptimos de secado durante el proceso. Además de permitir evaluar la variación de humedad en mencionado proceso.

Para la aplicación del modelo de ratio de secado se hace uso de distintos programas informáticos el más conocido es el programa Microsoft Excel.

La determinación del porcentaje de humedad es un factor indispensable en la cinética del secado; para su cálculo se emplea la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Pérdida de Humedad} = \frac{\text{Peso inicial de la muestra} - \text{Peso final de la muestra}}{\text{Peso inicial de la muestra}} * 100$$

El porcentaje de humedad también puede ser determinado utilizando equipos que son de mayor precisión como es el uso de una termobalanza. En la siguiente figura se puede observar la determinación del porcentaje de humedad utilizando la termobalanza:



Figura N° 51: Determinación del % de Humedad en la termobalanza

Elaborado por: Autor

Durante el proceso de secado se deberá realizar un registro de tiempos lo recomendable es controlar los pesos del producto en intervalos de tiempo de una hora.

Con los pesos registrados durante el proceso de secado se realiza la linealización del ratio obteniendo la masa relativa y el logaritmo natural de la masa relativa en función al tiempo, utilizando ecuaciones de regresión lineal. Las ecuaciones que se utilizan para la determinación de la linealización del ratio de secado son:

$$\text{Masa Relativa} = \frac{\text{Peso final de la muestra}}{\text{Peso inicial de la muestra}}$$

$$\ln MR = \ln * MR$$

Al realizar la linealización del ratio de secado se obtiene las constantes A y B, las mismas que permiten determinar el ratio de secado de un producto. Para lo cual se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo de secado} = \frac{(\ln(MR) - A)}{B}$$

6.6. Diseño Organizacional.

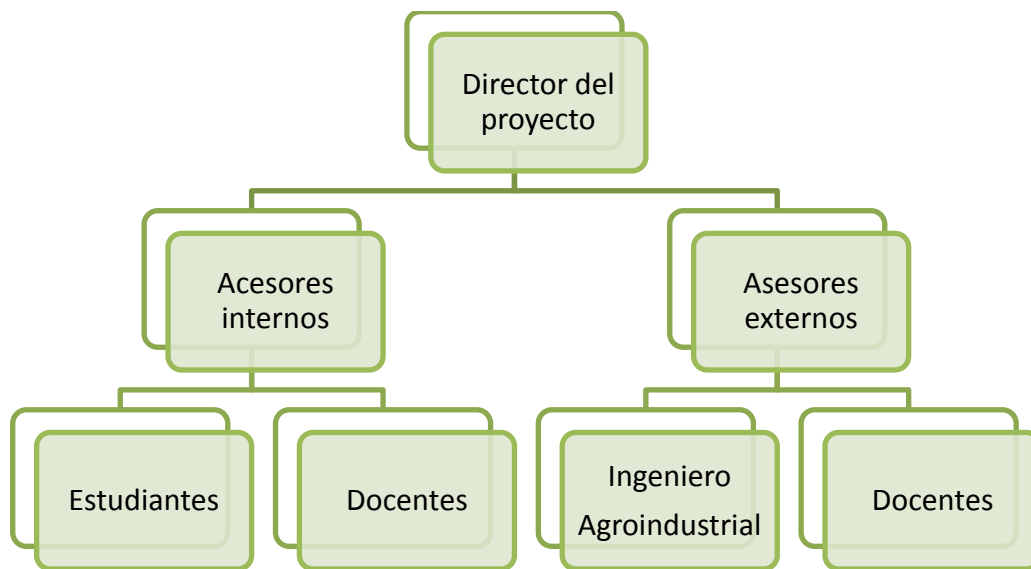


Figura N° 52: Diseño organizacional de la Propuesta

Elaborado por: Autor

6.7. Monitoreo y Evaluación de la propuesta

ACTIVIDADES	1				2				3				4				5			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Investigación bibliográfica																			
Secado de plantas aromáticas.																				
Determinación del porcentaje de humedad																				
Determinación de las características físicas de las plantas deshidratadas.																				
Aplicación del modelo ratio de la curva característica																				
Análisis de resultados																				

Cuadro N° 34: Diseño organizacional de la Propuesta

Elaborado por: Autor

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Cabezas, M. (2008). “Evaluación nutritiva y nutraceútica de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) deshidratada a tres temperaturas por el método de secado de bandejas”. Ecuador. pp 124.
- [2] Castellón, J y Espinoza, W. (2009). “Validación de un secador solar de café en pergamino, en fincas de pequeños productores del municipio de San Rafael del Norte”. Nicaragua. pp 101.
- [3] Charpentier, A. (2013). “Efecto de la irradiación uv-c sobre el color, flora nativa y capacidad antioxidante del paico (*Chenopodium ambrosioides*) y de la ortiga (*Urtica dioica*) de la zona andina de Cotacachi”. Ecuador. pp 80.
- [4] Contreras, C. (2006). “Influencia del método de secado en parámetros de calidad relacionados con la estructura y el color de manzana y fresa deshidratadas”. España. pp 233.
- [5] Cova, W y Marinelli, H. (2011). “Desecación de Productos Agrarios”. Argentina. pp 18.
- [6] Cruz, P. (2009). “Elaboración y control de calidad del gel antimicótico de manzanilla (*Matricaria chamomilla*, Matico (*Aristiguirtia glutinosa*) y Marco (*Ambrosia arborescens*) para neo-fármaco”. Ecuador. pp 150.

- [7] Hernández, E. (2011). “Modelado Matemático Del Secado De Madera Subtropical Por Convección De Aire Caliente.”. Oaxaca. pp 119.
- [8] Jaramillo, A y Narváez, E. (2012). “Influencia del método de secado en parámetros de calidad relacionados con la estructura y el color de manzana y fresa deshidratadas”. Ecuador. pp 202.
- [9] Quiroz, R. (2013). “Evaluación de la actividad cicatrizante de un gel elaborado a base de los extractos de nogal (*Juglans neotrópica diels*), ortiga (*Urtica dioica l.*), sábila (*Aloe vera*), en ratones (*Mus musculus*)”. Ecuador. pp 146.
- [10] Quisi, R. (2012). “Estudio comparativo de la actividad hipoglucemiante del extracto de ortiga (*Urtica dioica*), extracto berro (*Nasturtium officinale*), y extracto de nogal (*Juglans regia*), en ratas (*Rattus norvegicus*), con hiperglucemia inducida”. Ecuador. pp 134.
- [11] Rojas, M. (2014). “Determinación de un modelo de ratio de secado en manzana y manzanilla para lograr la eficiencia de secado del producto en la Provincia de Chimborazo”. Ecuador. pp 191.
- [12] Shimabukuro, D y Torres, E. (1992). “Estudio técnico de la extracción de aceite esencial de Piper Aduncum L y diseño de planta piloto”. Perú. pp 97.
- [13] Tabar, J. (2011). “Obtención de curvas de secado de tomillo”. Brasil. pp 43

[14] Torrecilla, J. (2000). “Secado del orujo en lecho fluidizado”. España. pp. 232.

[15] Varela, J. (2011). “Fraccionamiento bioguiado del extracto hidro- etanólico de *Aristeguietia glutinosa* Lam y elucidación estructural de los principios activos anti – *Trypanosoma cruzi*”. Uruguay. pp 59.

ANEXOS

Anexo N° 1

CONTROL DE PESOS DEL SECADO DE MATICO

a) Secado de matico a 45 °C

REPETICIÓN 1. SECADO DE MATICO A 45 °C							
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA	6 HORA
		50,60	39,40	30,10	16,00	11,20	9,50

Cuadro N°35: Repetición 1. Toma de datos del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 2. SECADO DE MATICO A 45 °C							
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA	6 HORA
		50,20	40,00	31,60	15,50	11,00	9,00

Cuadro N° 36: Repetición 2. Toma de datos del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 3. SECADO DE MATICO A 45 °C							
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA	6 HORA
		50,80	38,90	25,80	14,20	10,20	9,10

Cuadro N° 37: Repetición 3. Toma de datos del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 4. SECADO DE MATICO A 45 °C							
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA	6 HORA
		50,10	40,20	29,00	16,50	11,60	9,70

Cuadro N° 38: Repetición 4. Toma de datos del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

b) Secado de matico a 55 °C.

REPETICIÓN 1. SECADO DE MATICO A 55 °C						
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA
		50,50	32,00	18,40	13,60	9,50

Cuadro N° 39: Repetición 1. Toma de datos del matico a 55° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 2. SECADO DE MATICO A 55 °C						
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA
		50,30	29,80	17,80	12,50	9,60

Cuadro N° 40: Repetición 2. Toma de datos del matico a 55° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 3. SECADO DE MATICO A 55 °C						
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA
		50,60	30,50	18,10	11,20	9,40

Cuadro N° 41: Repetición 3. Toma de datos del matico a 55° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 4. SECADO DE MATICO A 55 °C						
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA
		50,20	31,20	18,90	12,40	9,00

Cuadro N° 42: Repetición 4. Toma de datos del matico a 55° C

Elaborado por: Autor

c) Secado de matico a 65 °C.

REPETICIÓN 1. SECADO DE MATICO A 65 °C					
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA
		50,70	27,30	16,10	9,80

Cuadro N° 43: Repetición 1. Toma de datos del matico a 65° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 2. SECADO DE MATICO A 65 °C					
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA
		50,30	26,50	14,40	10,10

Cuadro N° 44: Repetición 2. Toma de datos del matico a 65° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 3. SECADO DE MATICO A 65 °C					
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA
		50,60	26,30	13,70	9,30

Cuadro N° 45: Repetición 3. Toma de datos del matico a 65° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 4. SECADO DE MATICO A 65 °C					
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA
		50,80	25,60	15,20	9,90

Cuadro N° 46: Repetición 4. Toma de datos del matico a 65° C

Elaborado por: Autor

Anexo N° 2

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL MATICO

a) Determinación del porcentaje de humedad del matico a 45°C

REPETICIÓN 1. HUMEDAD DEL MATICO A 45° C							
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA	6 HORA
		50,60	39,40	30,10	16,00	11,20	9,50
PÉRDIDA DE HUMEDAD		22,13	40,51	68,38	77,87	81,23	84,78
% DE MASA SECA		77,87	59,49	31,62	22,13	18,77	15,22

Cuadro N° 47: Repetición 1. Humedad del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 2. HUMEDAD DEL MATICO A 45° C							
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA	6 HORA
		50,20	40,00	31,60	15,50	11,00	9,00
PÉRDIDA DE HUMEDAD		20,32	37,05	69,12	78,09	82,07	85,26
% DE MASA SECA		79,68	62,95	30,88	21,91	17,93	14,74

Cuadro N° 48: Repetición 2. Humedad del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 3. HUMEDAD DEL MATICO A 45° C							
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA	6 HORA
		50,80	38,90	25,80	14,20	10,20	9,10
PÉRDIDA DE HUMEDAD		23,43	49,21	72,05	79,92	82,09	85,83
% DE MASA SECA		76,57	50,79	27,95	20,08	17,91	14,17

Cuadro N° 49: Repetición 3. Humedad del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 4. HUMEDAD DEL MATICO A 45° C							
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA	6 HORA
		50,10	40,20	29,00	16,50	11,60	9,70
PÉRDIDA DE HUMEDAD		19,76	42,12	67,07	76,85	80,64	84,83
% DE MASA SECA		80,24	57,88	32,93	23,15	19,36	15,17

Cuadro N° 50: Repetición 4. Humedad del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

b) **Determinación del porcentaje de humedad del matico a 55°C**

REPETICIÓN 1. HUMEDAD DEL MATICO A 55° C						
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA
		50,50	32,00	18,40	13,60	9,50
PÉRDIDA DE HUMEDAD		36,63	63,56	73,07	81,19	85,35
% DE MASA SECA		63,37	36,44	26,93	18,81	14,65

Cuadro N° 51: Repetición 1. Humedad del matico a 55° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 2. HUMEDAD DEL MATICO A 55° C						
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA
		50,30	29,80	17,80	12,50	9,60
PÉRDIDA DE HUMEDAD		40,76	64,61	75,15	80,91	84,49
% DE MASA SECA		59,24	35,39	24,85	19,09	15,51

Cuadro N° 52: Repetición 2. Humedad del matico a 55° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 3. HUMEDAD DEL MATICO A 55° C						
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA
		50,60	30,50	18,10	11,20	9,40
PÉRDIDA DE HUMEDAD		39,72	64,23	77,87	81,42	85,18
% DE MASA SECA		60,28	35,77	22,13	18,58	14,82

Cuadro N° 53: Repetición 3. Humedad del matico a 55° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 4. HUMEDAD DEL MATICO A 55° C						
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA
		50,20	31,20	18,90	12,40	9,00
PÉRDIDA DE HUMEDAD		37,85	62,35	75,30	82,07	85,26
% DE MASA SECA		62,15	37,65	24,70	17,93	14,74

Cuadro N° 54: Repetición 4. Humedad del matico a 55° C

Elaborado por: Autor

c) Determinación del porcentaje de humedad del matico a 65° C

REPETICIÓN 1. HUMEDAD DEL MATICO A 65° C					
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA
		50,70	27,30	16,10	9,80
PÉRDIDA DE HUMEDAD		46,15	68,24	80,67	84,81
% DE MASA SECA		53,85	31,76	19,33	15,19

Cuadro N° 55: Repetición 1. Humedad del matico a 65° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 2. HUMEDAD DEL MATICO A 65° C					
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA
		50,30	26,50	14,40	10,10
PÉRDIDA DE HUMEDAD		47,32	71,37	79,92	84,89
% DE MASA SECA		52,68	28,63	20,08	15,11

Cuadro N° 56: Repetición 2. Humedad del matico a 65° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 3. HUMEDAD DEL MATICO A 65° C					
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA
		50,60	26,30	13,70	9,30
PÉRDIDA DE HUMEDAD		48,02	72,92	81,62	85,38
% DE MASA SECA		51,98	27,08	18,38	14,62

Cuadro N° 57: Repetición 3. Humedad del matico a 65° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 4. HUMEDAD DEL MATICO A 65° C					
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA
		50,80	25,60	15,20	9,90
PÉRDIDA DE HUMEDAD		49,61	70,08	80,51	86,02
% DE MASA SECA		50,39	29,92	19,49	13,98

Cuadro N° 58: Repetición 4. Humedad del matico a 65° C

Elaborado por: Autor

Anexo N° 3

LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE SECADO DE MATICO

a) Linealización del ratio de Matico a 45 ° C

REPETICIÓN N° 1. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE MATICO A 45 ° C							
TIEMPO	0	1	2	3	4	5	6
LN (MR)	0,00	-0,25	-0,52	-1,15	-1,51	-1,67	-1,88
MR	1,00	0,78	0,59	0,32	0,22	0,19	0,15

Cuadro N° 59: Repetición # 1. Linealización del ratio de secado de matico a 45° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN N° 2. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE MATICO A 45 ° C							
TIEMPO	0	1	2	3	4	5	6
LN MR	0,00	-0,23	-0,46	-1,18	-1,52	-1,72	-1,91
MR	1,00	0,80	0,63	0,31	0,22	0,18	0,15

Cuadro N° 60: Repetición # 2. Linealización del ratio de secado de matico a 45° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN N° 3. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE MATICO A 45 ° C							
TIEMPO	0	1	2	3	4	5	6
LN MR	0,00	-0,27	-0,68	-1,27	-1,61	-1,72	-1,95
MR	1,00	0,77	0,51	0,28	0,20	0,18	0,14

Cuadro N° 61: Repetición # 3. Linealización del ratio de secado de matico a 45° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN N° 4. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE MATICO A 45 ° C							
TIEMPO	0	1	2	3	4	5	6
LN MR	0,00	-0,22	-0,55	-1,11	-1,46	-1,64	-1,89
MR	1,00	0,80	0,58	0,33	0,23	0,19	0,15

Cuadro N° 62: Repetición # 1. Linealización del ratio de secado de matico a 45° C

Elaborado por: Autor

b) Linealización del ratio de Matico a 55 ° C

REPETICIÓN N° 1. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE MATICO A 55 ° C						
TIEMPO	0	1	2	3	4	5
LN MR	0,00	-0,46	-1,01	-1,31	-1,67	-1,92
MR	1,00	0,63	0,36	0,27	0,19	0,15

Cuadro N° 63: Repetición # 1. Linealización del ratio de secado de matico a 55° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN N° 2. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE MATICO A 55 ° C						
TIEMPO	0	1	2	3	4	5
LN MR	0,00	-0,52	-1,04	-1,39	-1,66	-1,86
MR	1,00	0,59	0,35	0,25	0,19	0,16

Cuadro N° 64: Repetición # 2. Linealización del ratio de secado de matico a 55° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN N° 3. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE MATICO A 55 ° C						
TIEMPO	0	1	2	3	4	5
LN MR	0,00	-0,51	-1,03	-1,51	-1,68	-1,91
MR	1,00	0,60	0,36	0,22	0,19	0,15

Cuadro N° 65: Repetición # 3. Linealización del ratio de secado de matico a 55° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN N° 4. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE MATICO A 55 ° C						
TIEMPO	0	1	2	3	4	5
LN MR	0,00	-0,48	-0,98	-1,40	-1,72	-1,91
MR	1,00	0,62	0,38	0,25	0,18	0,15

Cuadro N° 66: Repetición # 4. Linealización del ratio de secado de matico a 55° C

Elaborado por: Autor

c) Linealización del ratio de Matico a 65 ° C

REPETICIÓN N° 1. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE MATICO A 65 ° C					
TIEMPO	0	1	2	3	4
LN MR	0,00	-0,62	-1,15	-1,64	-1,88
MR	1,00	0,54	0,32	0,19	0,15

Cuadro N° 67: Repetición # 1. Linealización del ratio de secado de matico a 65° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN N° 2. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE MATICO A 65 ° C					
TIEMPO	0	1	2	3	4
LN MR	0,00	-0,64	-1,25	-1,61	-1,89
MR	1,00	0,53	0,29	0,20	0,15

Cuadro N° 68: Repetición #2. Linealización del ratio de secado de matico a 65° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN N° 3. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE MATICO A 65 ° C					
TIEMPO	0	1	2	3	4
LN MR	0,00	-0,65	-1,31	-1,69	-1,92
MR	1,00	0,52	0,27	0,18	0,15

Cuadro N° 69: Repetición # 3. Linealización del ratio de secado de matico a 65° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN N° 4. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE MATICO A 65 ° C					
TIEMPO	0	1	2	3	4
LN MR	0,00	-0,69	-1,21	-1,64	-1,97
MR	1,00	0,50	0,30	0,19	0,14

Cuadro N° 70: Repetición # 4. Linealización del ratio de secado de matico a 65° C

Elaborado por: Autor

Anexo N° 4

CURVA DE SECADO DE LOGARITMO NATURAL DE LA MASA RELATIVA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DEL MATICO

a) LN (MR) del matico a 45 °C

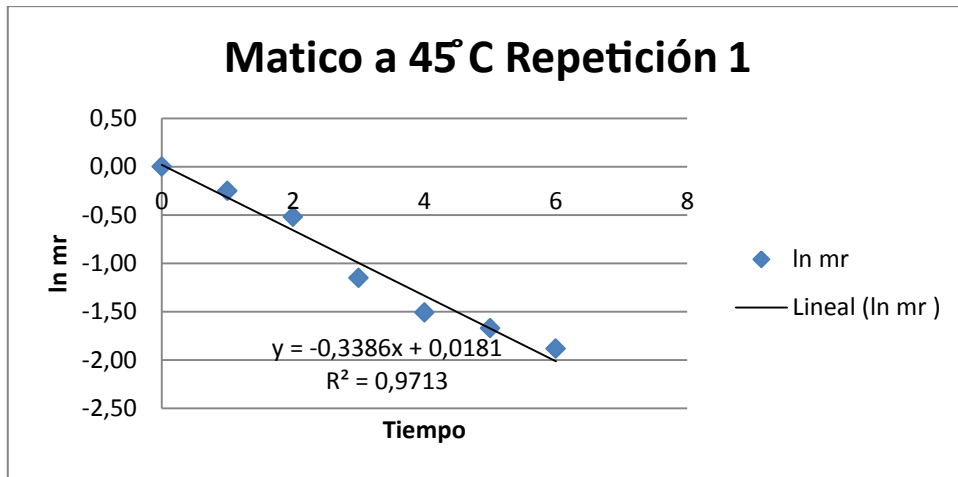


Figura N° 53: Repetición #1. LN MR vs tiempo del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

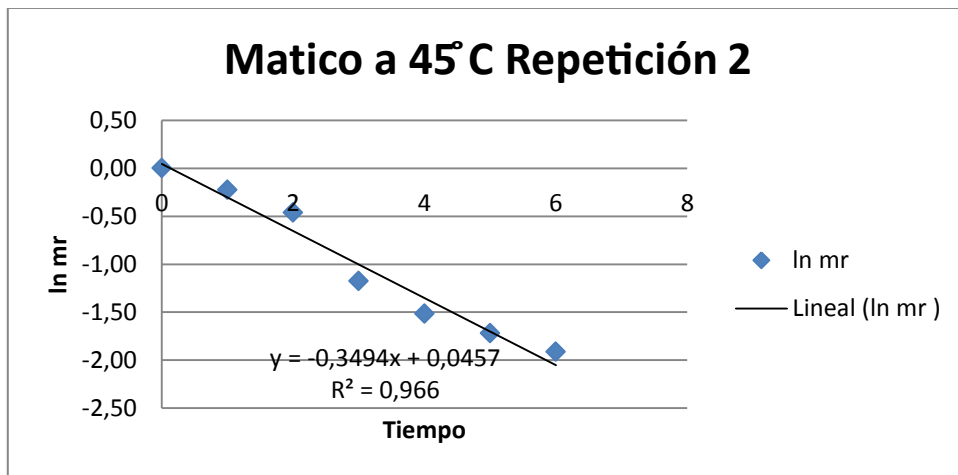


Figura N° 54: Repetición #2. LN MR vs tiempo del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

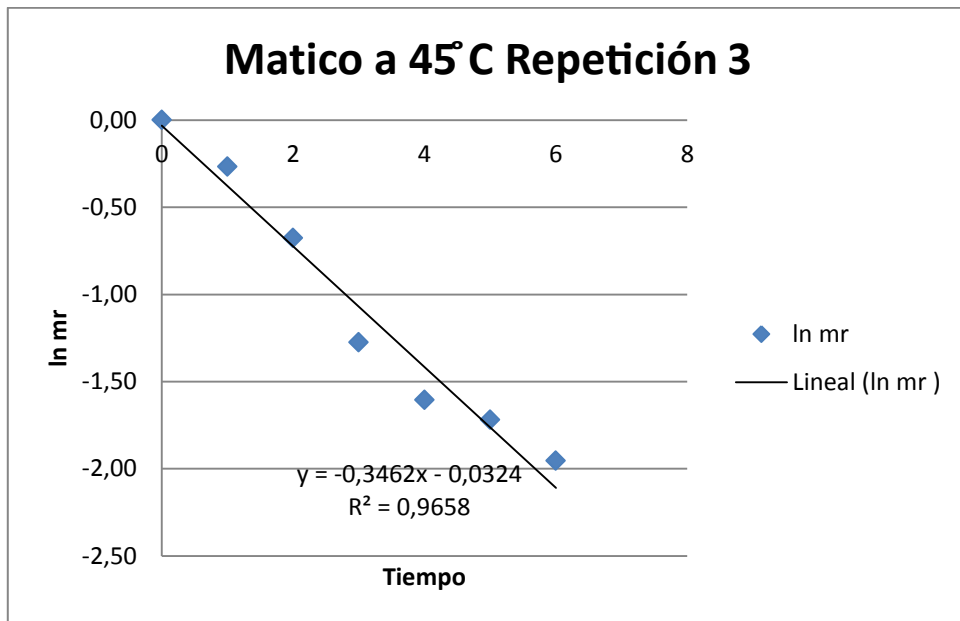


Figura N° 55: Repetición 3. LN MR vs tiempo del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

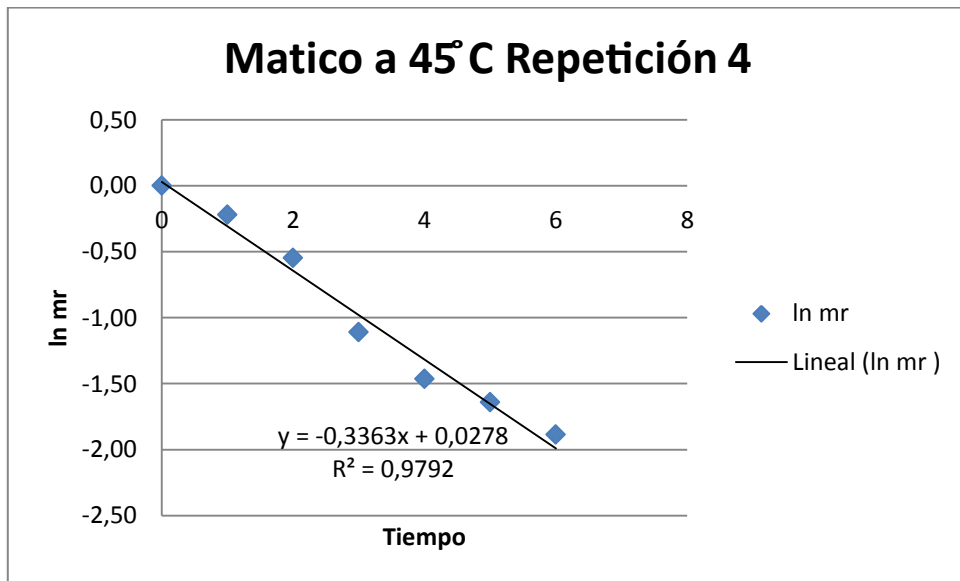


Figura N° 56: Repetición #4. LN MR vs tiempo del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

b) LN (MR) del matico a 55 °C

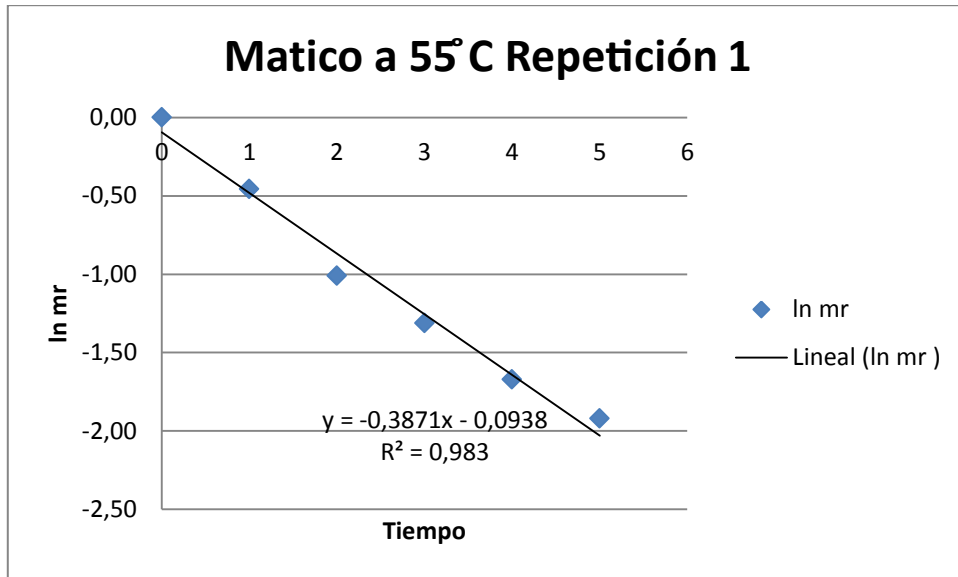


Figura N° 57: Repetición #1. LN MR vs tiempo del matico a 55° C

Elaborado por: Autor

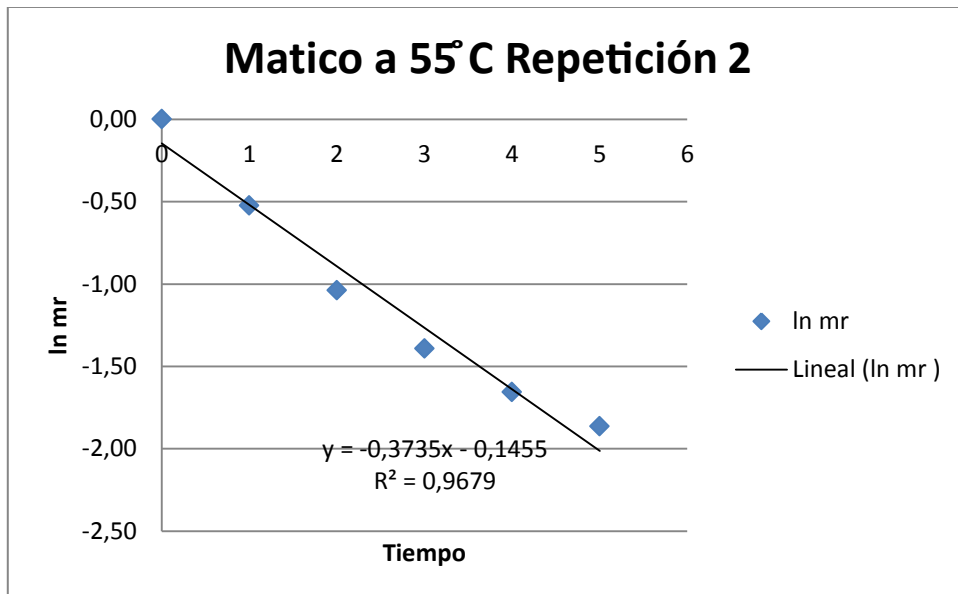


Figura N° 58: Repetición #2. LN MR vs tiempo del matico a 55° C

Elaborado por: Autor

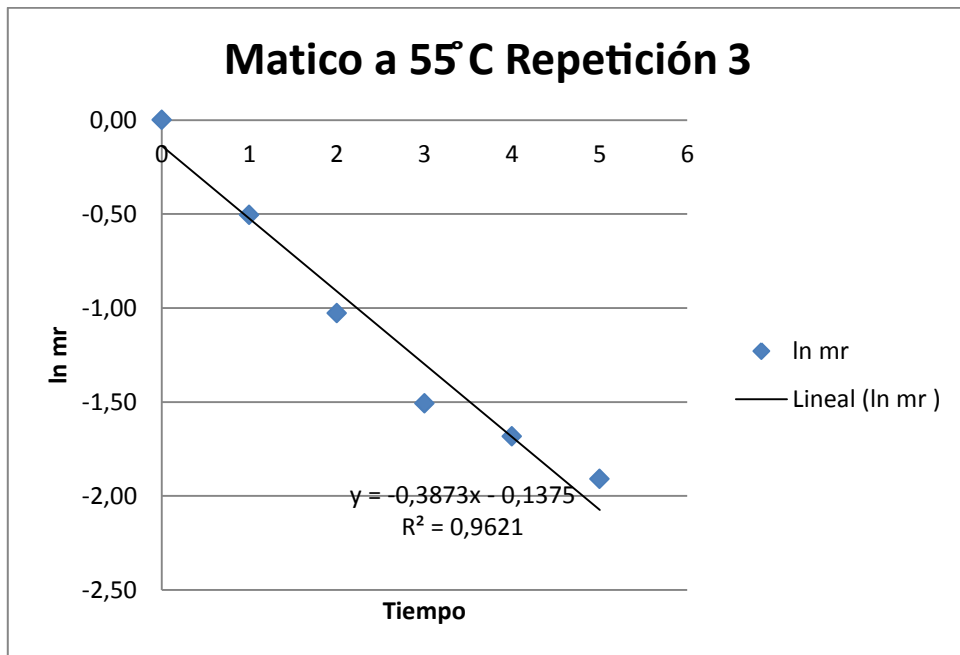


Figura N° 59: Repetición #3. LN MR vs tiempo del matico a 55° C

Elaborado por: Autor

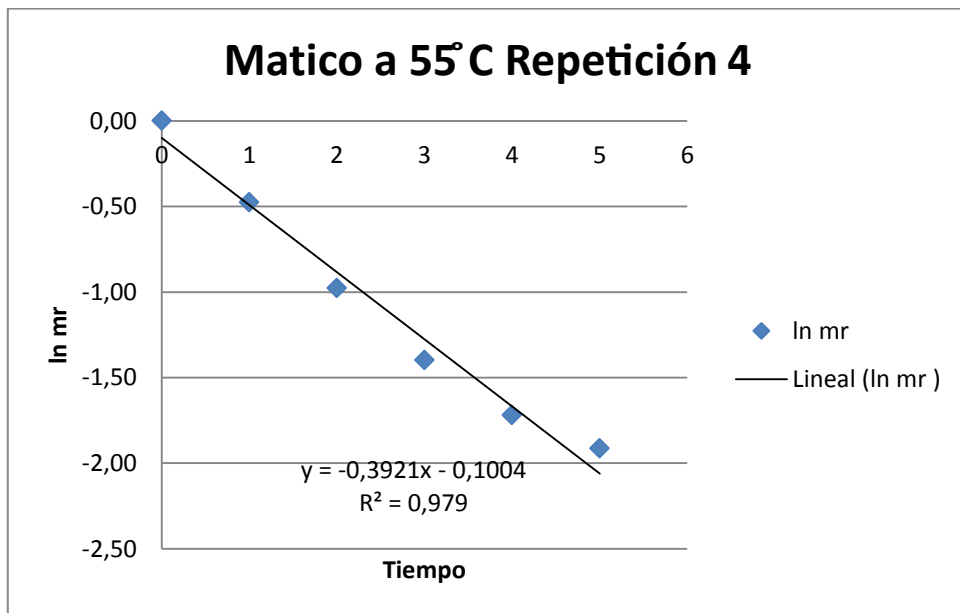


Figura N° 60: Repetición #4. LN MR vs tiempo del matico a 55° C

Elaborado por: Autor

c) LN (MR) del matico a 65 °C

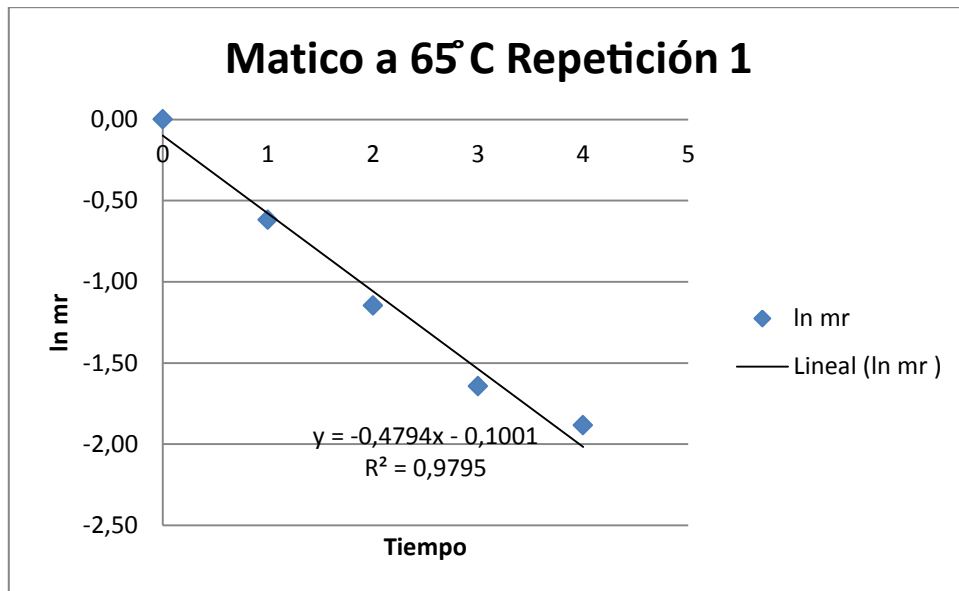


Figura N° 61: Repetición #1. LN MR vs tiempo del matico a 65° C

Elaborado por: Autor

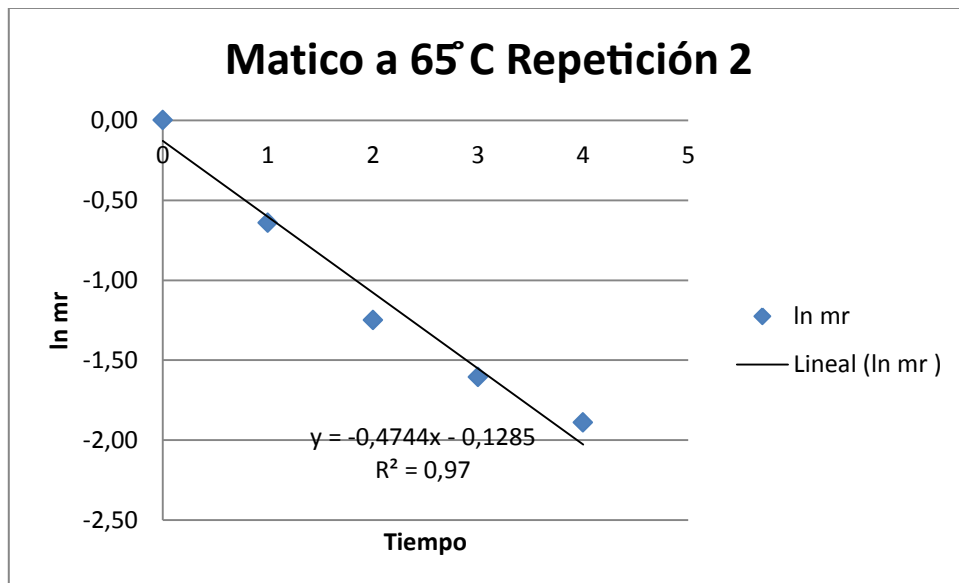


Figura N° 62: Repetición #2. LN MR vs tiempo del matico a 65° C

Elaborado por: Autor

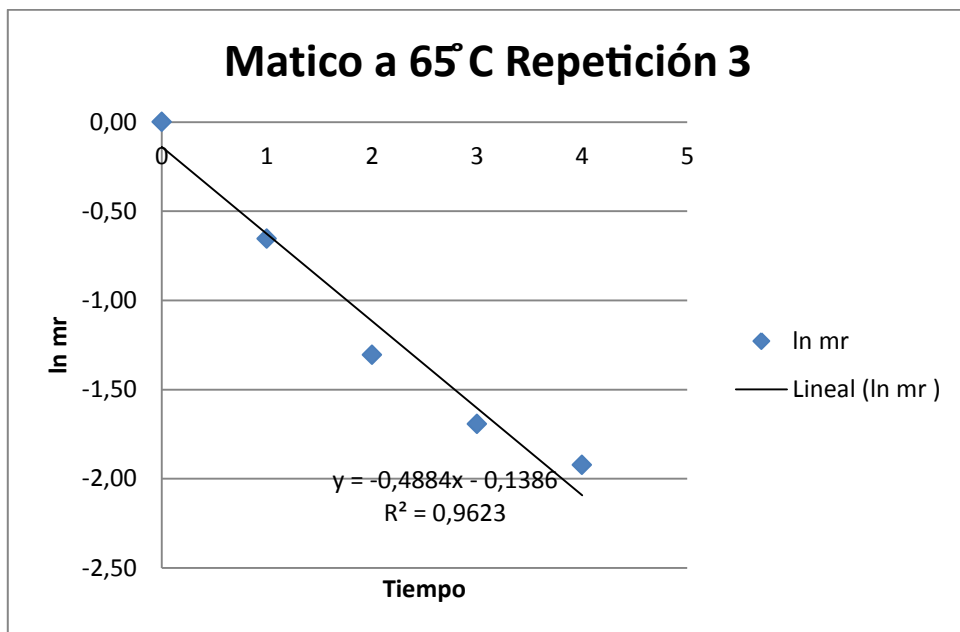


Figura N° 63: Repetición #3. LN MR vs tiempo del matico a 65° C

Elaborado por: Autor

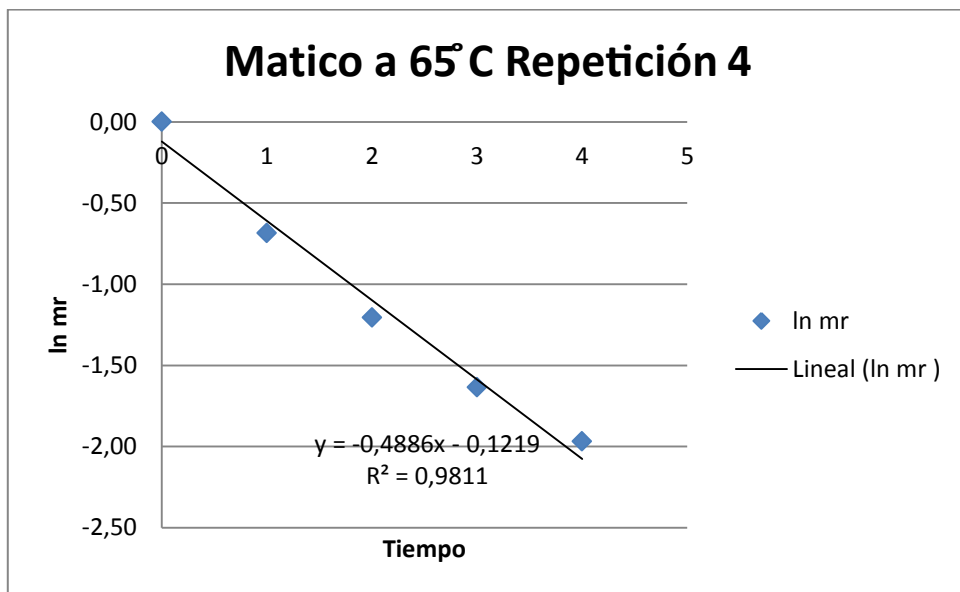


Figura N° 64: Repetición #4. LN MR vs tiempo del matico a 65° C

Elaborado por: Autor

Anexo N° 5

CURVAS DE SECADO DE LA MASA RELATIVA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DEL MATICO

a) MR del matico a 45 °C

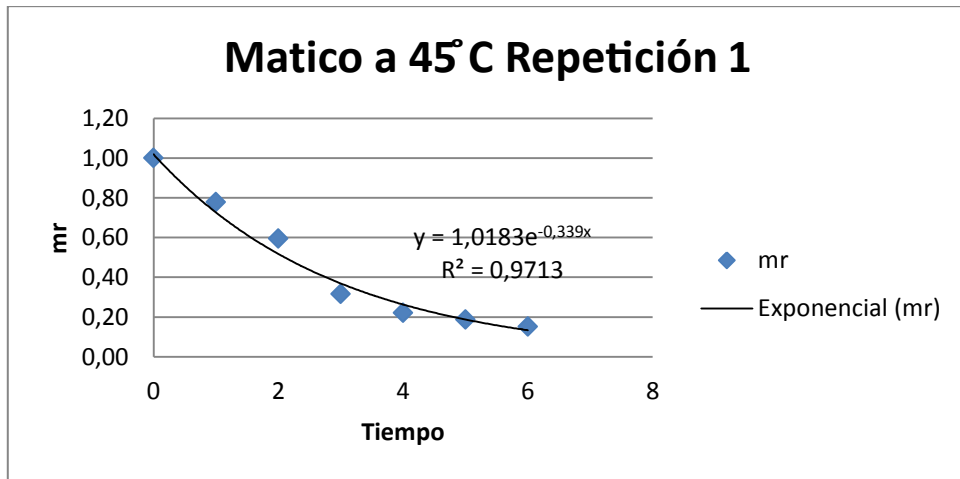


Figura N° 65: Repetición #1. MR vs tiempo del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

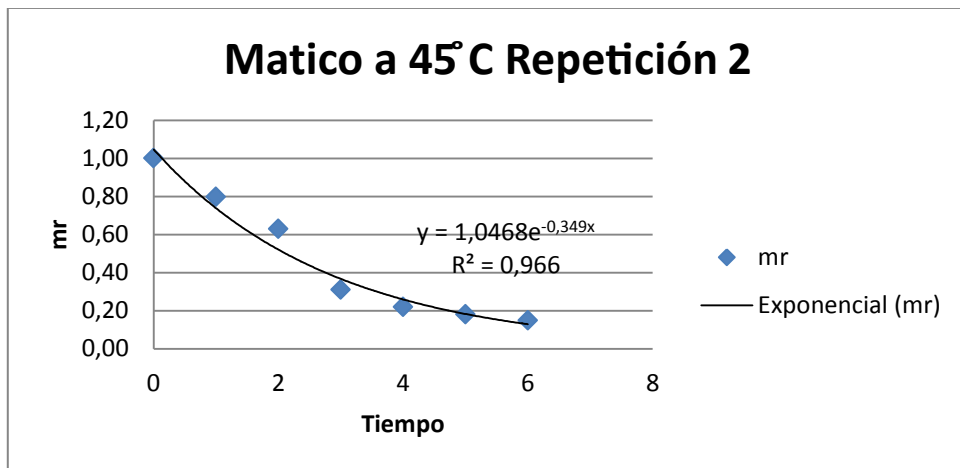


Figura N° 66: Repetición #2. MR vs tiempo del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

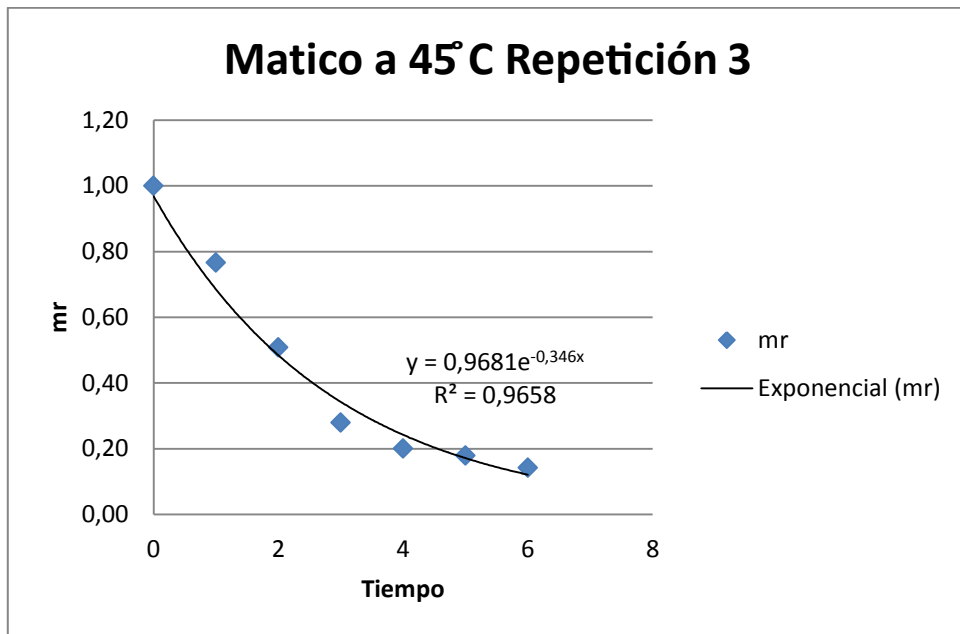


Figura N° 67: Repetición #3. MR vs tiempo del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

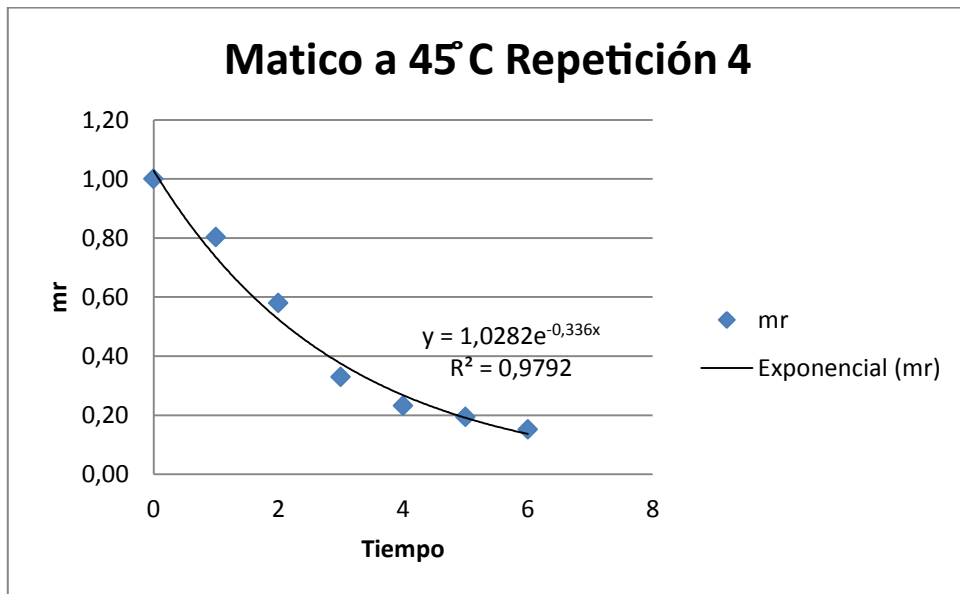


Figura N° 68: Repetición #4. MR vs tiempo del matico a 45° C

Elaborado por: Autor

b) MR del matico a 55 °C

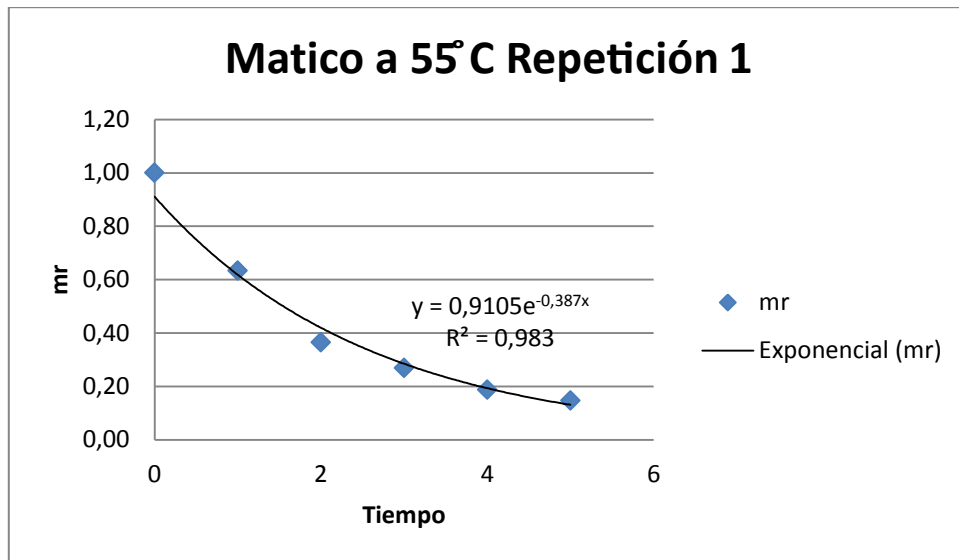


Figura N° 69: Repetición #1. MR vs tiempo del matico a 55° C

Elaborado por: Autor

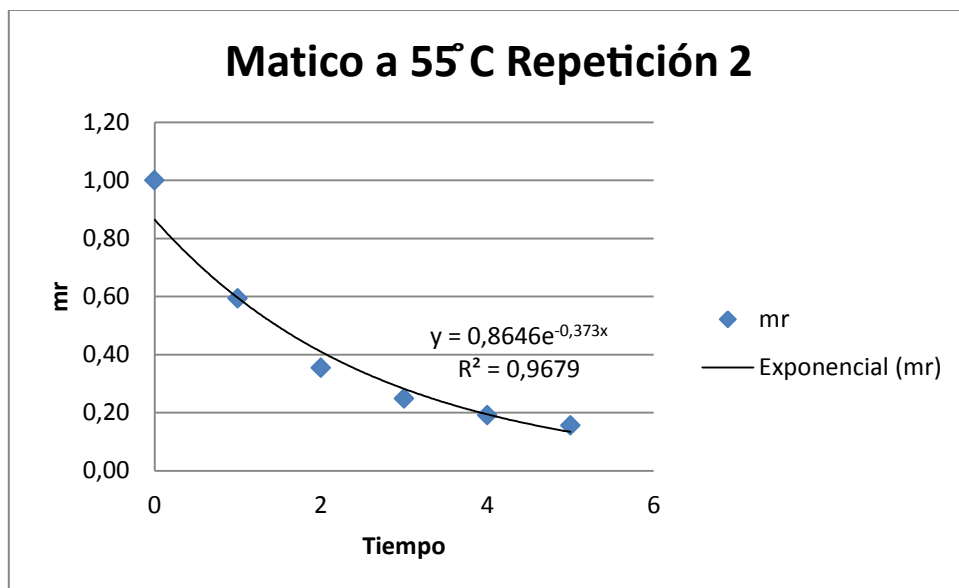


Figura N° 70: Repetición #2. MR vs tiempo del matico a 55° C

Elaborado por: Autor

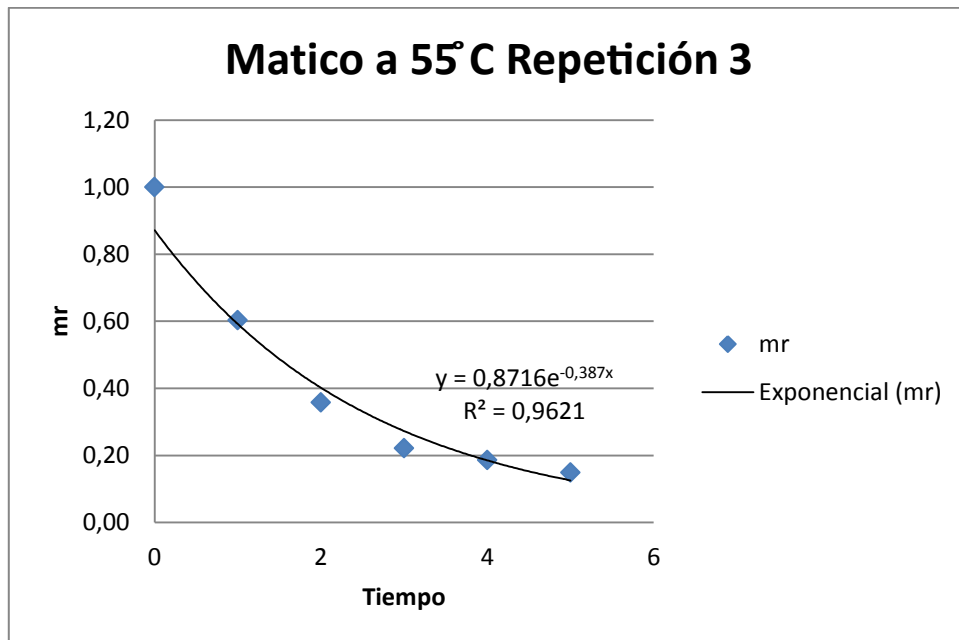


Figura N° 71: Repetición #3. MR vs tiempo del matico a 55° C
 Elaborado por: Autor

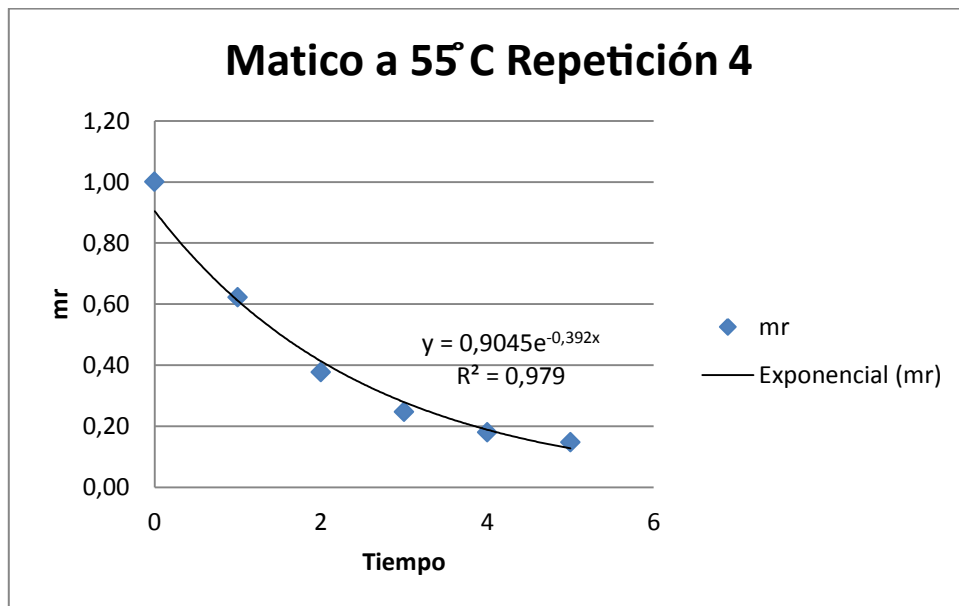


Figura N° 72: Repetición #4. MR vs tiempo del matico a 55° C
 Elaborado por: Autor

c) MR del matico a 65 °C

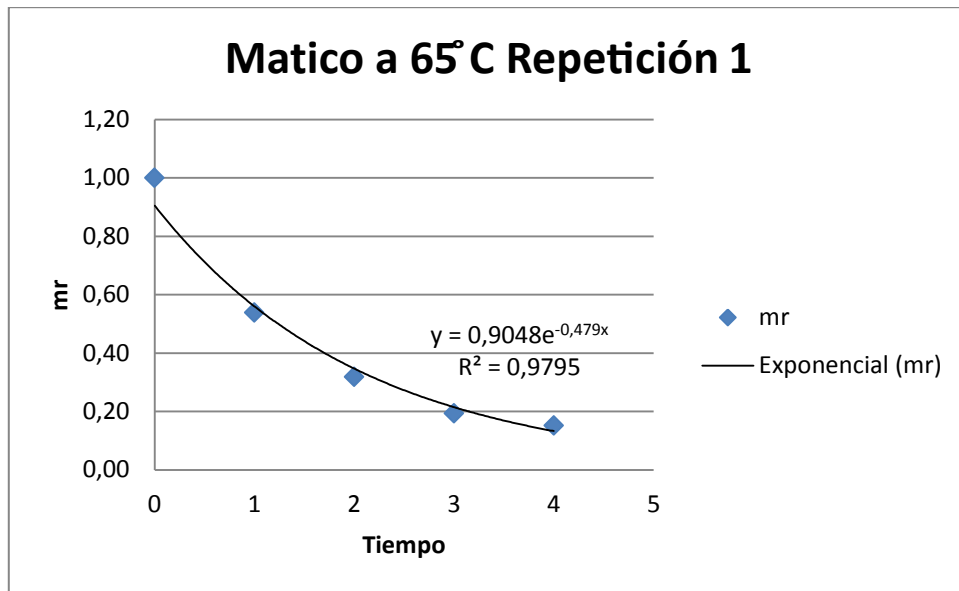


Figura N° 73: Repetición #1. MR vs tiempo del matico a 65° C

Elaborado por: Autor

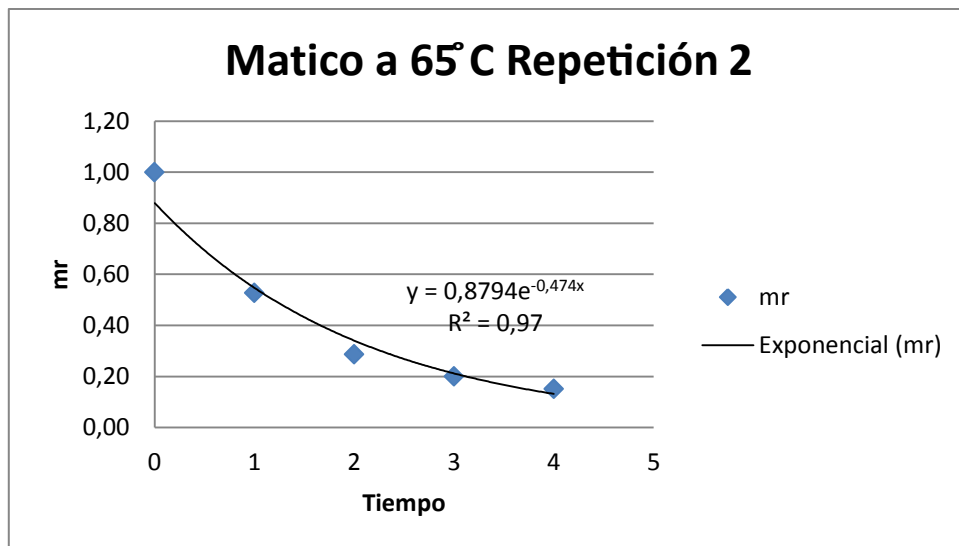


Figura N°74: Repetición #2. MR vs tiempo del matico a 65° C

Elaborado por: Autor

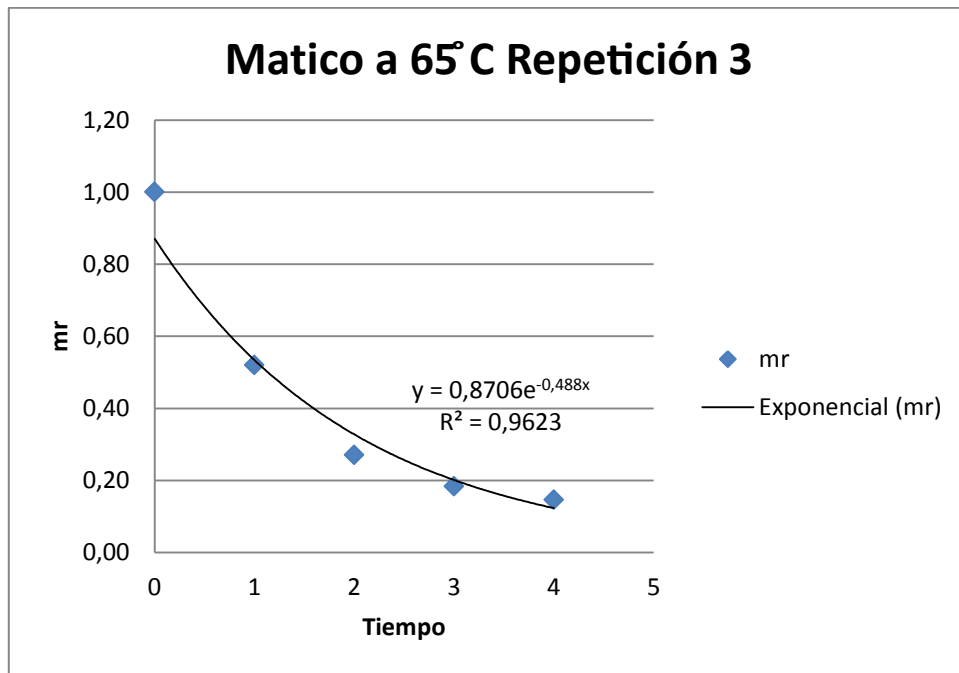


Figura N° 75: Repetición #3. MR vs tiempo del matico a 65° C
Elaborado por: Autor

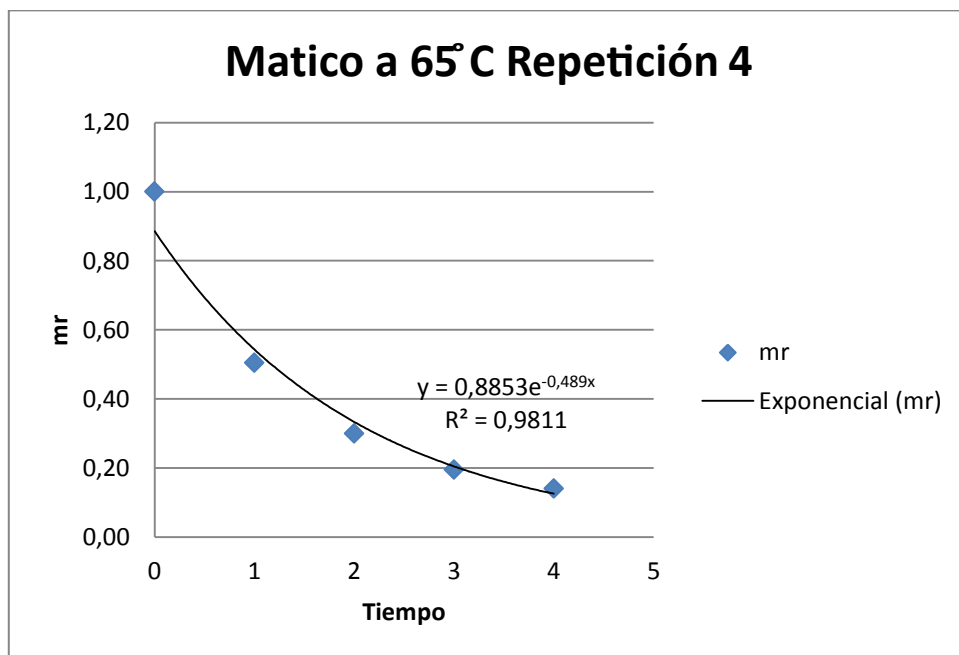


Figura N° 76: Repetición #4. MR vs tiempo del matico a 65° C
Elaborado por: Autor

Anexo N° 6

CONTROL DE PESOS DEL SECADO DE ORTIGA

a) Secado de Ortiga a 45 °C

REPETICIÓN 1. SECADO DE ORTIGA A 45 °C							
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA	6 HORA
	50,20	38,00	27,60	15,80	10,40	9,80	7,50

Cuadro N° 71: Repetición 1. Toma de datos de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 2. SECADO DE ORTIGA A 45 °C							
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA	6 HORA
	50,70	37,80	26,40	15,00	10,60	9,40	7,70

Cuadro N° 72: Repetición 2. Toma de datos de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 3. SECADO DE ORTIGA A 45 °C							
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA	6 HORA
	50,80	37,00	25,80	14,20	10,20	9,10	7,60

Cuadro N° 73: Repetición 3. Toma de datos de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 4. SECADO DE ORTIGA A 45 °C							
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA	6 HORA
		50,60	37,40	26,60	15,10	10,50	9,30

Cuadro N° 74: Repetición 4. Toma de datos de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

b) Secado de Ortiga a 55 °C

REPETICIÓN 1. SECADO DE ORTIGA A 55 °C						
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA
		50,80	31,80	19,80	13,00	9,00

Cuadro N° 75: Repetición 1. Toma de datos de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 2. SECADO DE ORTIGA A 55 °C						
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA
		50,20	27,40	16,80	12,20	9,10

Cuadro N° 76: Repetición 2. Toma de datos de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 3. SECADO DE ORTIGA A 55 °C						
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA
		50,40	28,00	16,00	10,60	9,40

Cuadro N° 77: Repetición 3. Toma de datos de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 4. SECADO DE ORTIGA A 55 °C						
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA
		50,60	27,80	17,20	11,80	9,60

Cuadro N° 78: Repetición 4. Toma de datos de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

c) Secado de Ortiga a 65 °C

REPETICIÓN 1. SECADO DE ORTIGA A 65 °C					
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA
		50,40	26,60	15,40	10,20

Cuadro N° 79: Repetición 1. Toma de datos de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 2. SECADO DE ORTIGA A 65 °C					
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA
		50,60	25,00	13,40	9,40

Cuadro N° 80: Repetición 2. Toma de datos de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 3. SECADO DE ORTIGA A 65 °C					
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA
		50,80	24,20	12,00	9,80

Cuadro N° 81: Repetición 3. Toma de datos de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 4. SECADO DE ORTIGA A 65 °C					
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA
		50,30	23,80	14,00	10,20

Cuadro N° 82: Repetición 4. Toma de datos de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

Anexo N° 7

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA ORTIGA

a) **Determinación del porcentaje de humedad de la ortiga a 45° C**

REPETICIÓN 1. HUMEDAD DE LA ORTIGA A 45° C							
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA	6 HORA
		50,20	38,00	27,60	15,80	10,40	9,80
PÉRDIDA DE HUMEDAD		24,30	45,02	68,53	79,28	80,48	85,06
% DE MASA SECA		75,70	54,98	31,47	20,72	19,52	14,94

Cuadro N° 83: Repetición 1. Humedad de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 2. HUMEDAD DE LA ORTIGA A 45° C							
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA	6 HORA
		50,70	37,80	26,40	15,00	10,60	9,40
PÉRDIDA DE HUMEDAD		25,44	47,93	70,41	79,09	81,46	84,81
% DE MASA SECA		74,56	52,07	29,59	20,91	18,54	15,19

Cuadro N° 84: Repetición 2. Humedad de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 3. HUMEDAD DE LA ORTIGA A 45° C							
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA	6 HORA
		50,80	37,00	25,80	14,20	10,20	9,10
PÉRDIDA DE HUMEDAD		27,17	49,21	72,05	79,92	82,09	85,04
% DE MASA SECA		72,83	50,79	27,95	20,08	17,91	14,96

Cuadro N° 85: Repetición 3. Humedad de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 4. HUMEDAD DE LA ORTIGA A 45° C							
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA	6 HORA
		50,60	37,40	26,60	15,10	10,50	9,30
PÉRDIDA DE HUMEDAD		26,09	47,43	70,16	79,25	81,62	84,98
% DE MASA SECA		73,91	52,57	29,84	20,75	18,38	15,02

Cuadro N° 86: Repetición 4. Humedad de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

b) Determinación del porcentaje de humedad de la ortiga a 55° C

REPETICIÓN 1. HUMEDAD DE LA ORTIGA A 55° C						
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA
		50,80	31,80	19,80	13,00	9,00
PÉRDIDA DE HUMEDAD		37,40	61,02	74,41	82,28	84,65
% DE MASA SECA		62,60	38,98	25,59	17,72	15,35

Cuadro N° 87: Repetición 1. Humedad de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 2. HUMEDAD DE LA ORTIGA A 55° C						
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA
		50,20	27,40	16,80	12,20	9,10
PÉRDIDA DE HUMEDAD		45,42	66,53	75,70	81,87	85,66
% DE MASA SECA		54,58	33,47	24,30	18,13	14,34

Cuadro N° 88: Repetición 2. Humedad de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 3. HUMEDAD DE LA ORTIGA A 55° C						
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA
		50,40	28,00	16,00	10,60	9,40
PÉRDIDA DE HUMEDAD		44,44	68,25	78,97	81,35	86,11
% DE MASA SECA		55,56	31,75	21,03	18,65	13,89

Cuadro N° 89: Repetición 3. Humedad de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 4. HUMEDAD DE LA ORTIGA A 55° C						
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA	5 HORA
		50,60	27,80	17,20	11,80	9,60
PÉRDIDA DE HUMEDAD		45,06	66,01	76,68	81,03	85,18
% DE MASA SECA		54,94	33,99	23,32	18,97	14,82

Cuadro N° 90: Repetición 4. Humedad de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

c) **Determinación del porcentaje de humedad de la ortiga a 65°C**

REPETICIÓN 4. HUMEDAD DE LA ORTIGA A 65° C					
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA
		50,40	26,60	15,40	10,20
PÉRDIDA DE HUMEDAD		47,22	69,44	79,76	84,52
% DE MASA SECA		52,78	30,56	20,24	15,48

Cuadro N° 91: Repetición 1. Humedad de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 2. HUMEDAD DE LA ORTIGA A 65° C					
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA
		50,60	25,00	13,40	9,40
PÉRDIDA DE HUMEDAD		50,59	73,52	81,42	85,57
% DE MASA SECA		49,41	26,48	18,58	14,43

Cuadro N° 92: Repetición 2. Humedad de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 3. HUMEDAD DE LA ORTIGA A 65° C					
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA
		50,80	24,20	12,00	9,80
PÉRDIDA DE HUMEDAD		52,36	76,38	80,71	86,42
% DE MASA SECA		47,64	23,62	19,29	13,58

Cuadro N° 93: Repetición 3. Humedad de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN 4. HUMEDAD DE LA ORTIGA A 65° C					
PESOS	INICIAL	1 HORA	2 HORA	3 HORA	4 HORA
		50,30	23,80	14,00	10,20
PÉRDIDA DE HUMEDAD		52,68	72,17	79,72	84,49
% DE MASA SECA		47,32	27,83	20,28	15,51

Cuadro N° 94: Repetición 4. Humedad de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

Anexo N° 8

LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE SECADO DE LA ORTIGA

a) Linealización del ratio de Ortiga a 45 ° C

REPETICIÓN N° 1. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE ORTIGA A 45 ° C							
TIEMPO	0	1	2	3	4	5	6
LN MR	0,00	-0,28	-0,60	-1,16	-1,57	-1,63	-1,90
MR	1,00	0,76	0,55	0,31	0,21	0,20	0,15

Cuadro N° 95: Repetición # 1. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN N° 2. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE ORTIGA A 45 ° C							
TIEMPO	0	1	2	3	4	5	6
LN MR	0,00	-0,29	-0,65	-1,22	-1,57	-1,69	-1,88
MR	1,00	0,75	0,52	0,30	0,21	0,19	0,15

Cuadro N° 96: Repetición # 2. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN N° 3. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE ORTIGA A 45 ° C							
TIEMPO	0	1	2	3	4	5	6
LN (MR)	0,00	-0,32	-0,68	-1,27	-1,61	-1,72	-1,90
MR	1,00	0,73	0,51	0,28	0,20	0,18	0,15

Cuadro N° 97: Repetición # 3. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN N° 4. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE ORTIGA A 45 ° C							
TIEMPO	0	1	2	3	4	5	6
LN MR	0,00	-0,30	-0,64	-1,21	-1,57	-1,69	-1,90
MR	1,00	0,74	0,53	0,30	0,21	0,18	0,15

Cuadro N° 98: Repetición # 4. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

b) Linealización del ratio de Ortiga a 55 ° C

REPETICIÓN N° 1. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE ORTIGA A 55 ° C						
TIEMPO	0	1	2	3	4	5
LN MR	0,00	-0,47	-0,94	-1,36	-1,73	-1,87
MR	1,00	0,63	0,39	0,26	0,18	0,15

Cuadro N° 99: Repetición # 1. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN N° 2. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE ORTIGA A 55 ° C						
TIEMPO	0	1	2	3	4	5
LN MR	0,00	-0,61	-1,09	-1,41	-1,71	-1,94
MR	1,00	0,55	0,33	0,24	0,18	0,14

Cuadro N° 100: Repetición # 2. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN N° 3. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE ORTIGA A 55 ° C						
TIEMPO	0	1	2	3	4	5
LN MR	0,00	-0,59	-1,15	-1,56	-1,68	-1,97
MR	1,00	0,56	0,32	0,21	0,19	0,14

Cuadro N° 101: Repetición # 3. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN N°4. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE ORTIGA A 55 ° C						
TIEMPO	0	1	2	3	4	5
LN MR	0,00	-0,60	-1,08	-1,46	-1,66	-1,91
MR	1,00	0,55	0,34	0,23	0,19	0,15

Cuadro N° 102: Repetición # 4. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

c) **Linealización del ratio de Ortiga a 65 ° C**

REPETICIÓN N°1. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE ORTIGA A 65 ° C					
TIEMPO	0	1	2	3	4
LN MR	0,00	-0,64	-1,19	-1,60	-1,87
MR	1,00	0,53	0,31	0,20	0,15

Cuadro N° 103: Repetición # 1. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN N°2. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE ORTIGA A 65 ° C					
TIEMPO	0	1	2	3	4
LN MR	0,00	-0,71	-1,33	-1,68	-1,94
MR	1,00	0,49	0,26	0,19	0,14

Cuadro N° 104: Repetición # 2. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN N°3. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE ORTIGA A 65 ° C					
TIEMPO	0	1	2	3	4
LN MR	0,00	-0,74	-1,44	-1,65	-2,00
MR	1,00	0,48	0,24	0,19	0,14

Cuadro N° 105: Repetición # 3. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

REPETICIÓN N°4. LINEALIZACIÓN DEL RATIO DE ORTIGA A 65 ° C					
TIEMPO	0	1	2	3	4
LN MR	0,00	-0,75	-1,28	-1,60	-1,86
MR	1,00	0,47	0,28	0,20	0,16

Cuadro N° 106: Repetición # 4. Linealización del ratio de secado de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

Anexo N° 9

CURVA DE SECADO DE LOGARITMO NATURAL DE LA MASA RELATIVA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE LA ORTIGA

a) LN (MR) de la ortiga a 45 °C

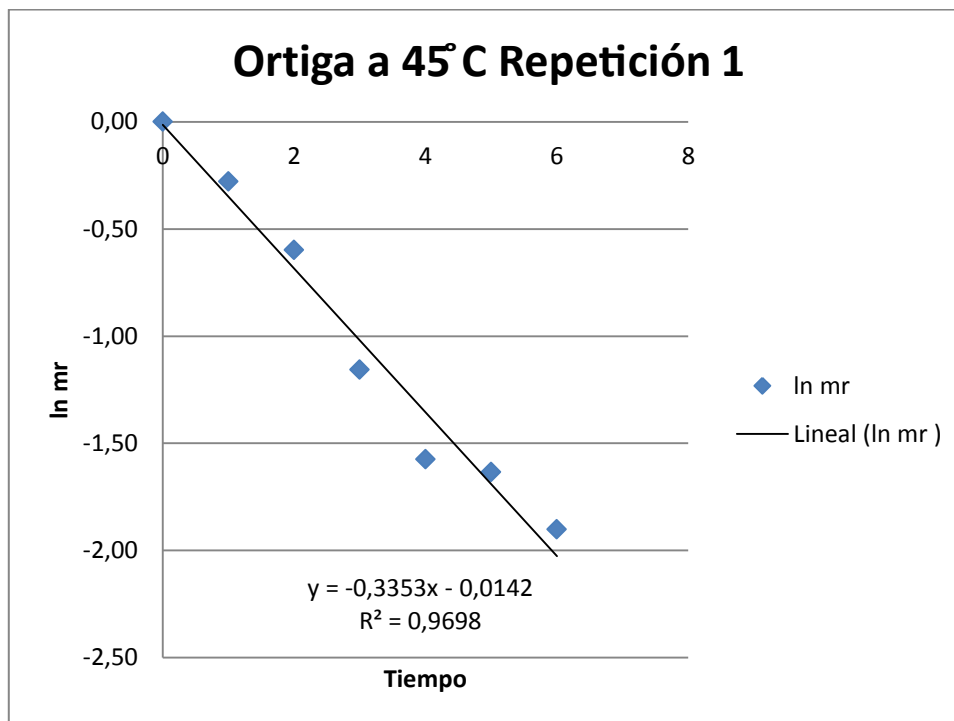


Figura N° 77: Repetición #1. LN MR vs tiempo de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

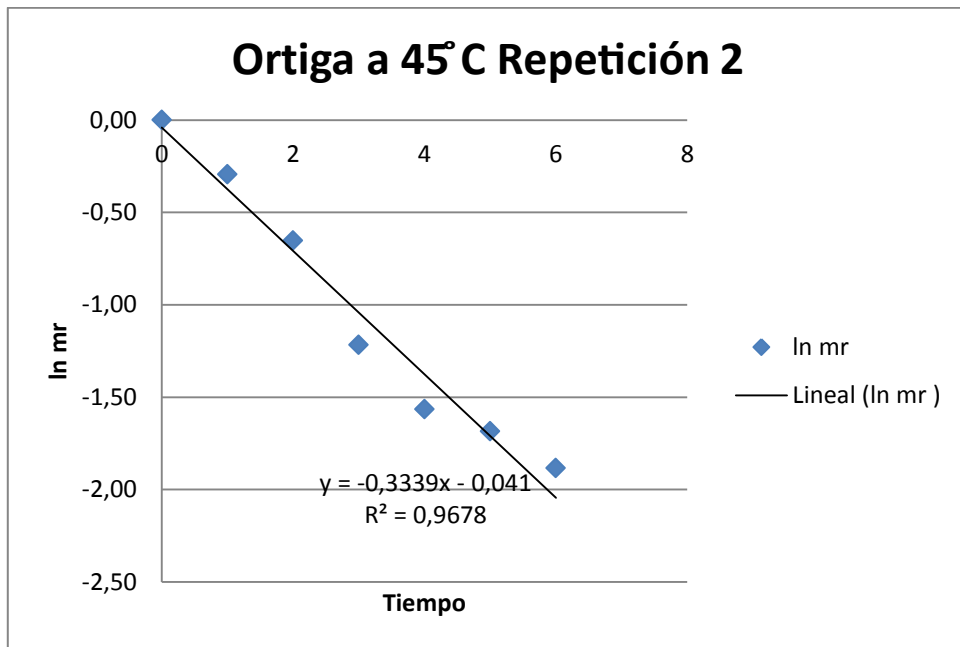


Figura N° 78: Repetición #2. LN MR vs tiempo de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

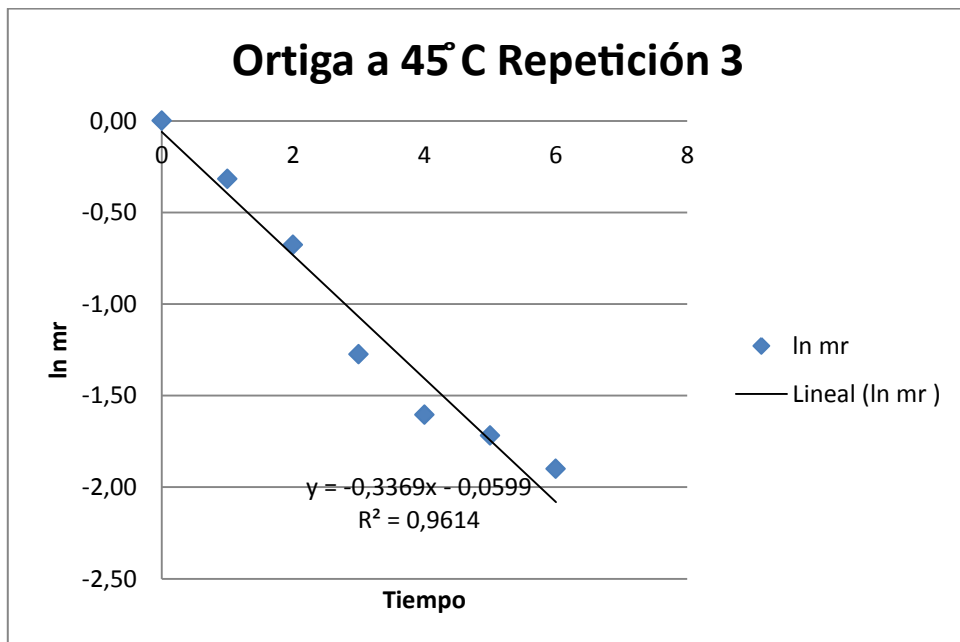


Figura N° 79: Repetición #3. LN MR vs tiempo de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

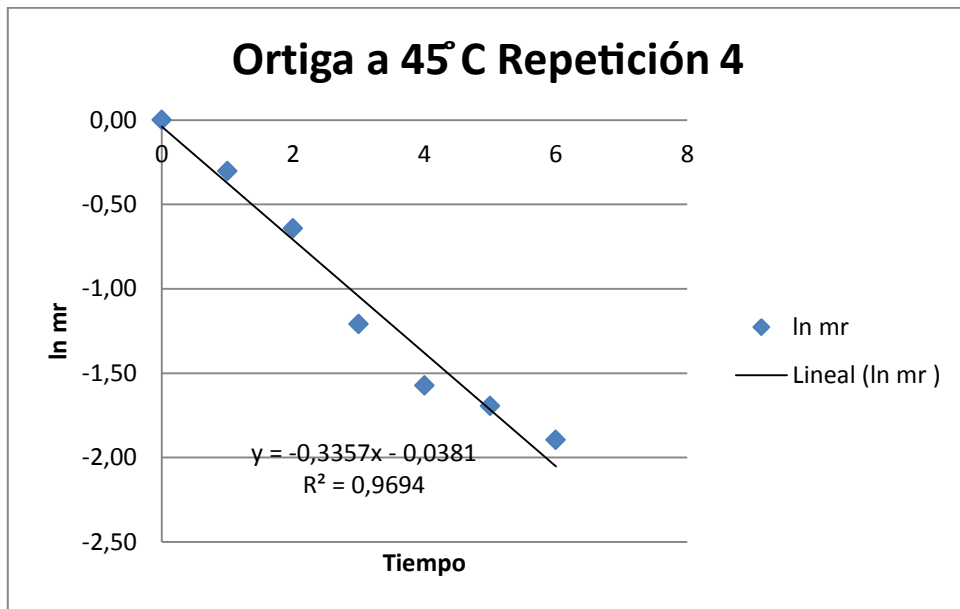


Figura N° 80: Repetición #4. LN MR vs tiempo de la ortiga a 45° C
 Elaborado por: Autor

b) LN (MR) de la ortiga a 55 °C

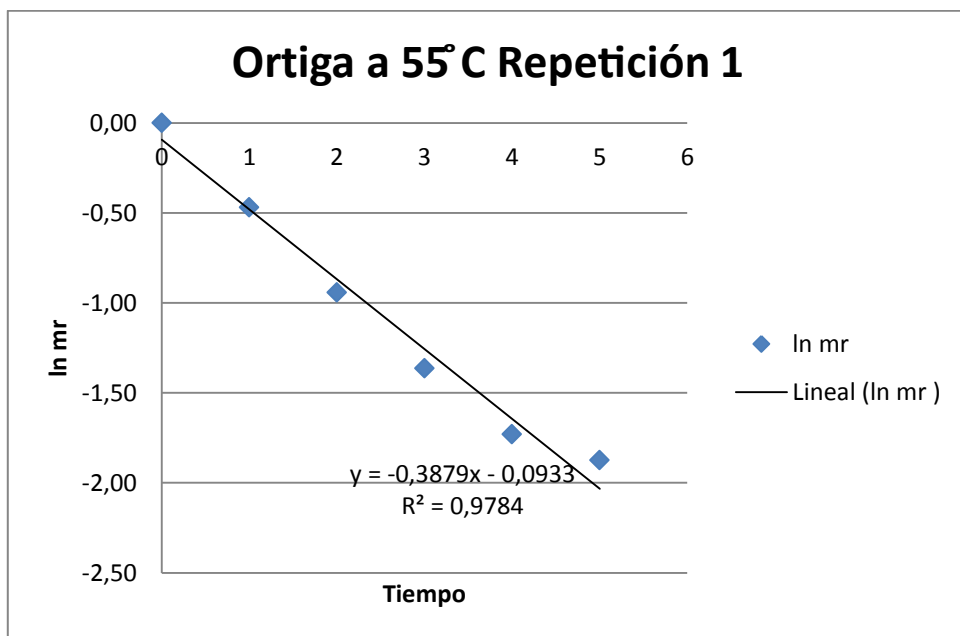


Figura N° 81: Repetición #1. LN MR vs tiempo de la ortiga a 55° C
 Elaborado por: Autor

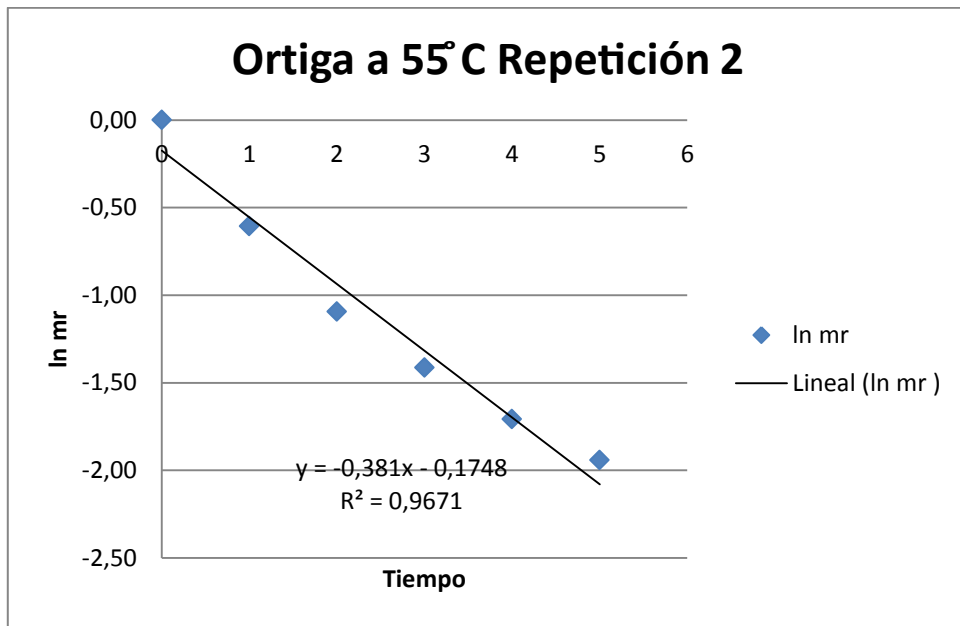


Figura N° 82: Repetición #2. LN MR vs tiempo de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

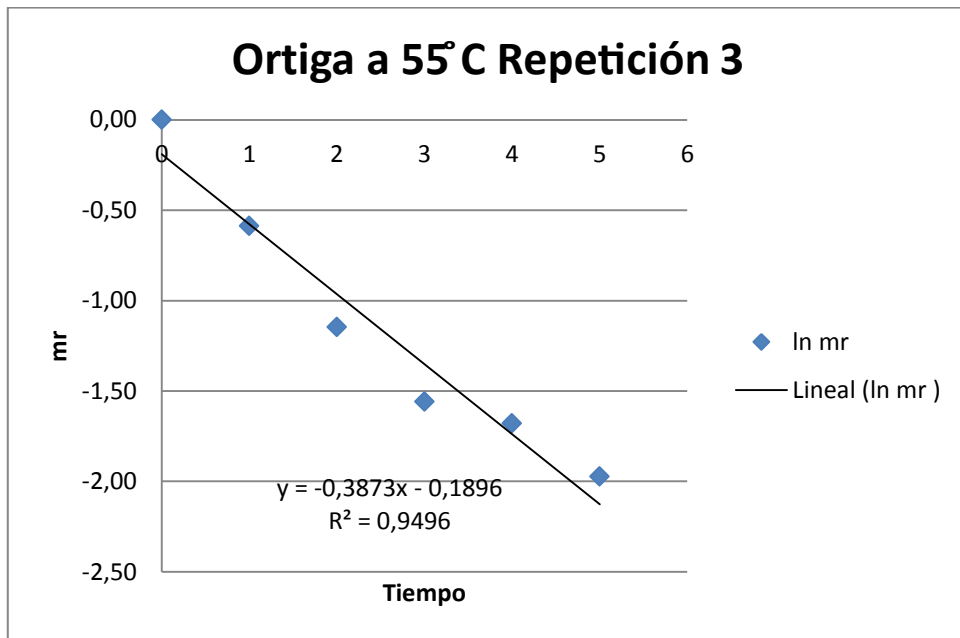


Figura N° 83: Repetición #3. LN MR vs tiempo de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

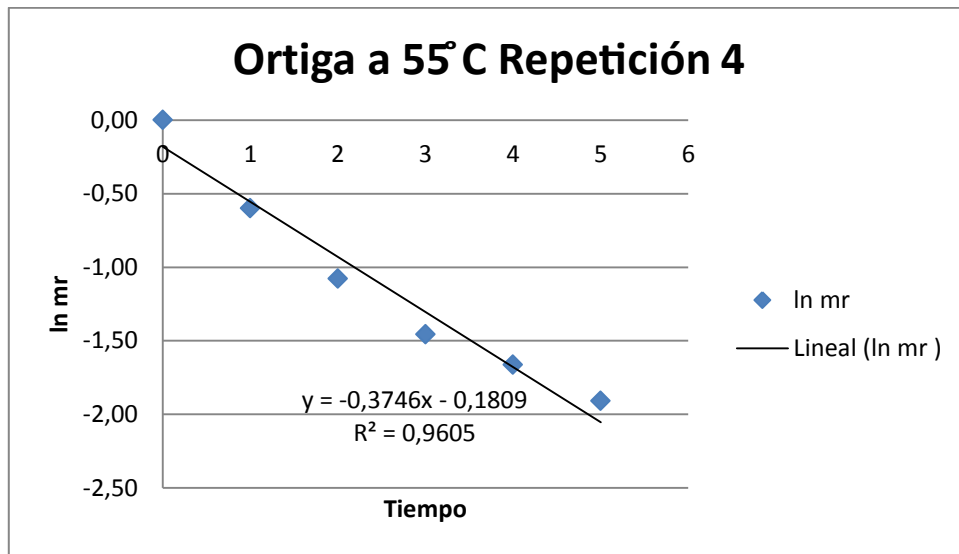


Figura N° 84: Repetición #4. LN MR vs tiempo de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

c) LN (MR) de la ortiga a 65 °C

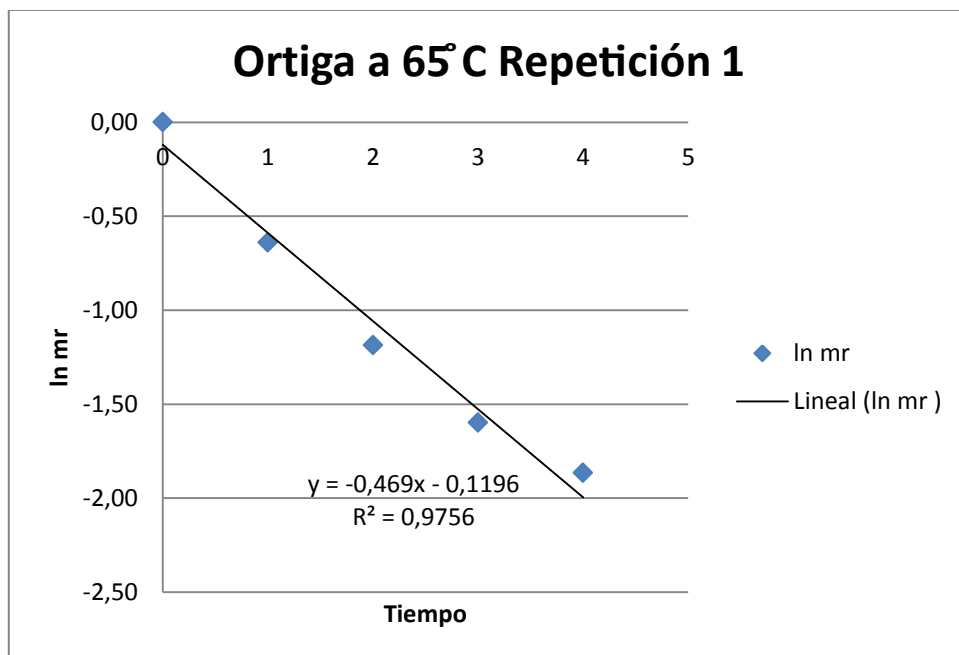


Figura N° 85: Repetición #1. LN MR vs tiempo de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

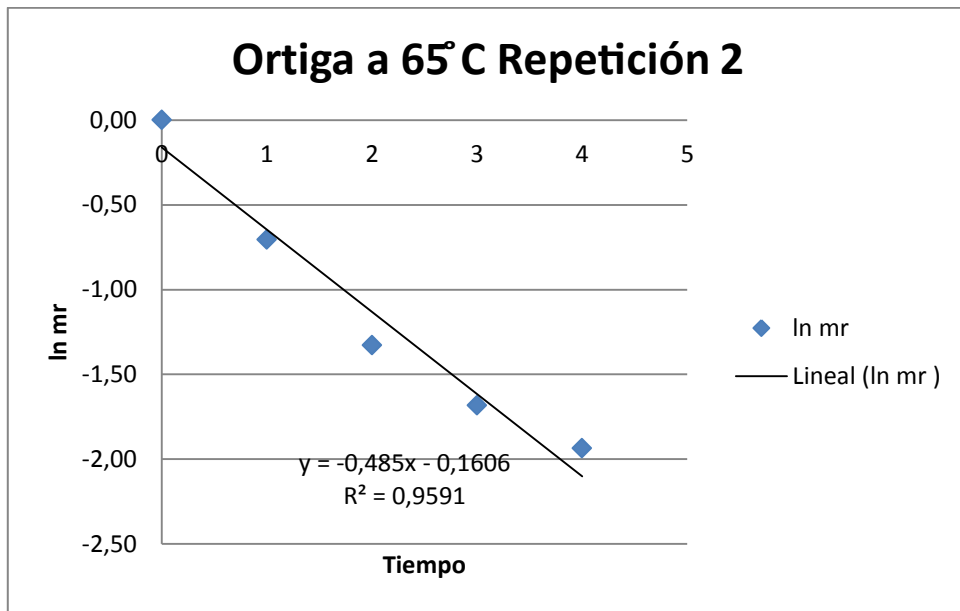


Figura N° 86: Repetición #2. LN MR vs tiempo de la ortiga a 65° C
 Elaborado por: Autor

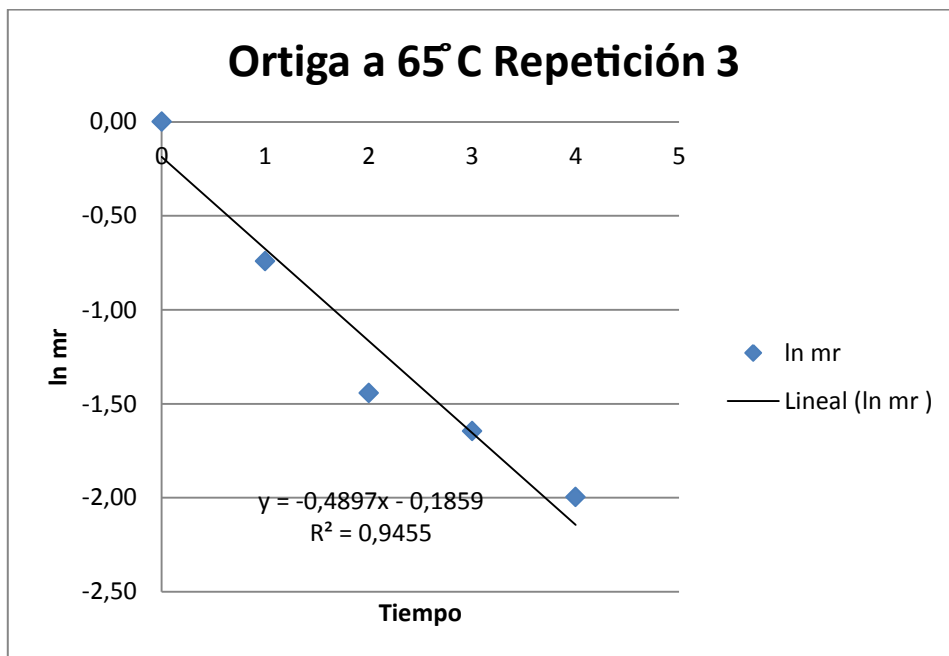


Figura N° 87: Repetición #3. LN MR vs tiempo de la ortiga a 65° C
 Elaborado por: Autor

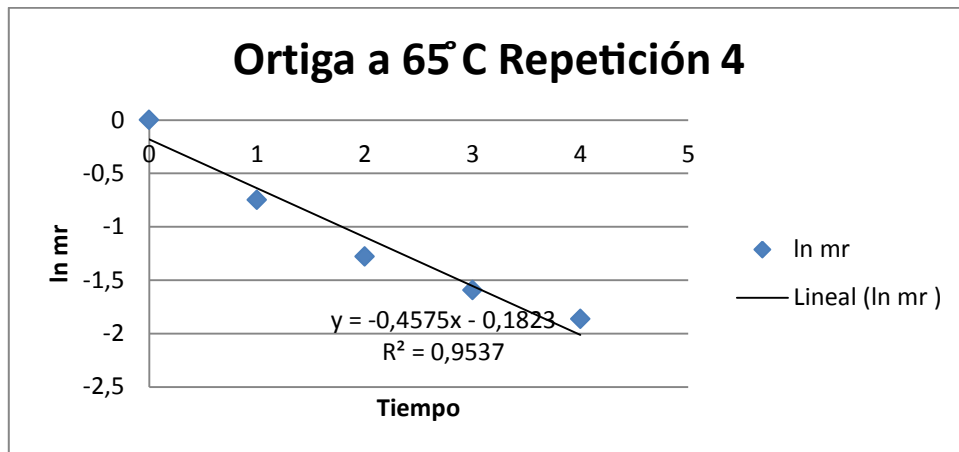


Figura N° 88: Repetición #4. LN MR vs tiempo de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

Anexo N° 10

CURVAS DE SECADO DE LA MASA RELATIVA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE LA ORTIGA

a) MR de la ortiga a 45 °C

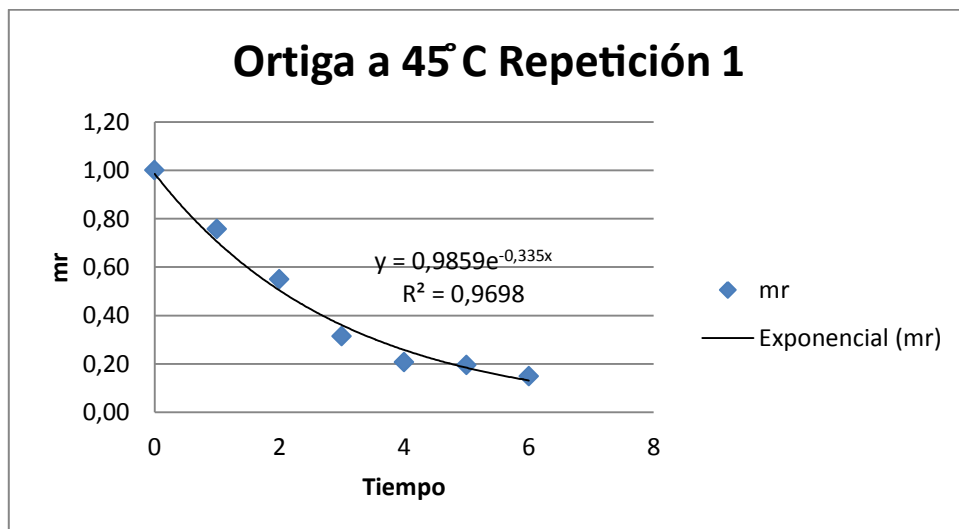


Figura N°89: Repetición #1. MR vs tiempo de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

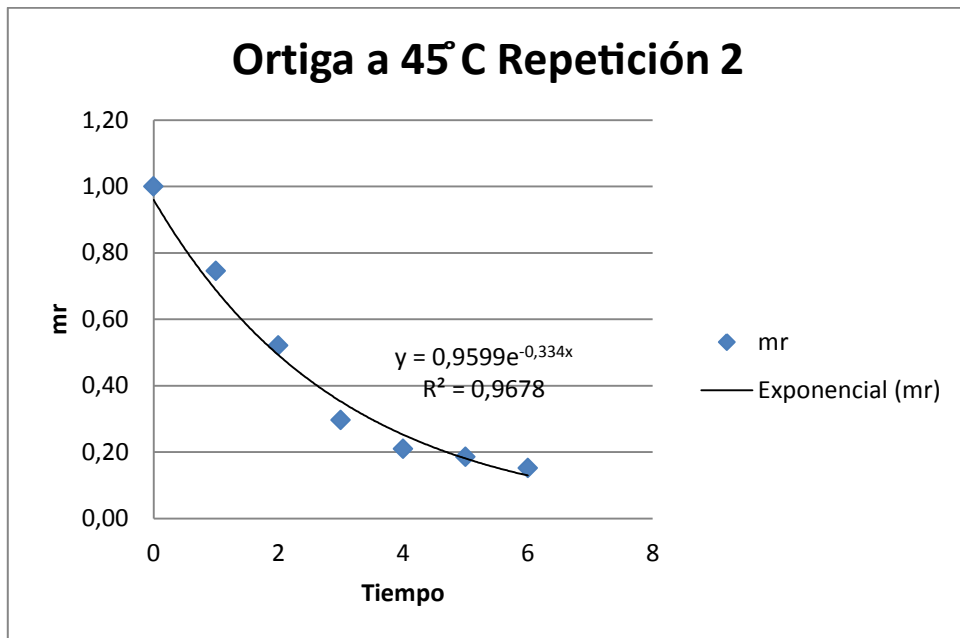


Figura N° 90: Repetición #2. MR vs tiempo de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

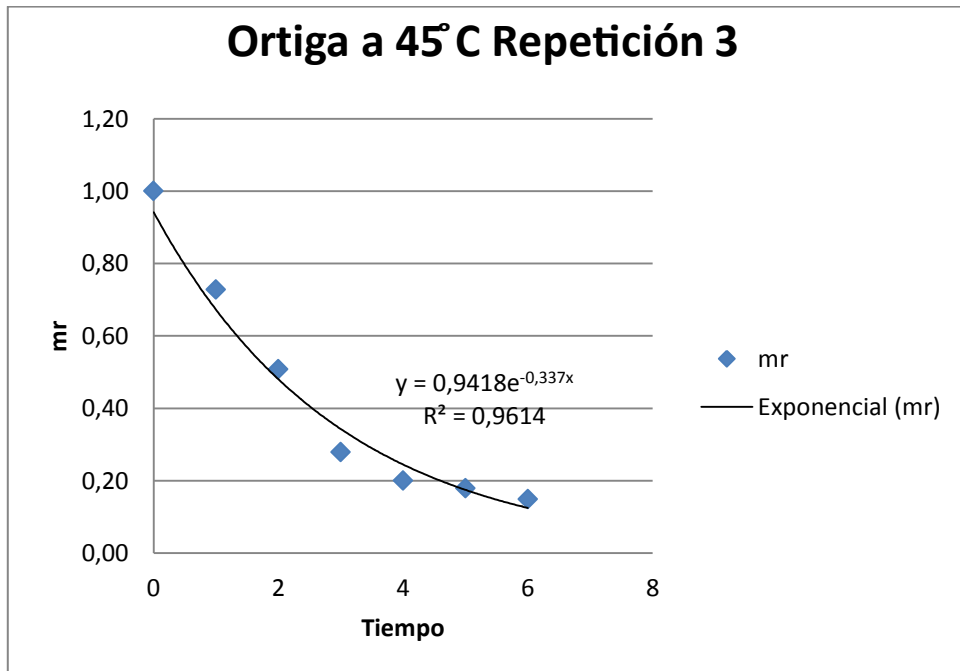


Figura N° 91: Repetición #3. MR vs tiempo de la ortiga a 45° C

Elaborado por: Autor

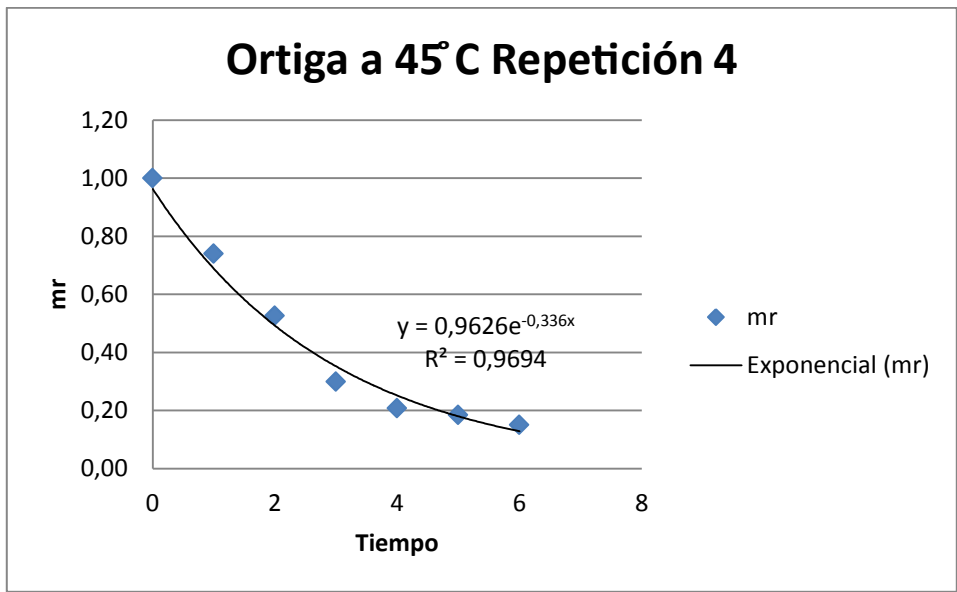


Figura N° 92: Repetición #4. MR vs tiempo de la ortiga a 45° C
 Elaborado por: Autor

b) MR de la ortiga a 55 °C

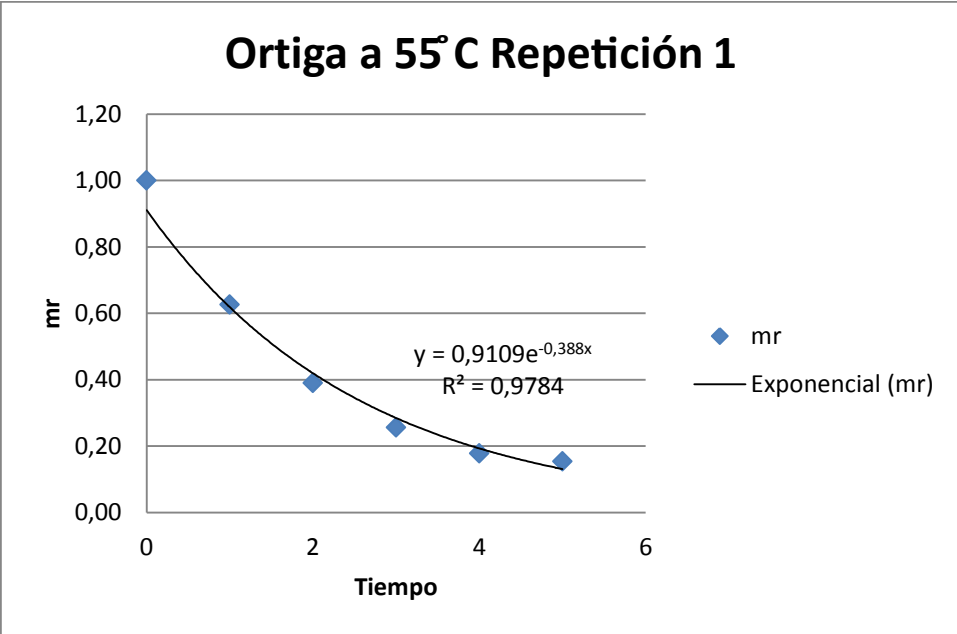


Figura N° 93: Repetición #1. MR vs tiempo de la ortiga a 55° C
 Elaborado por: Autor

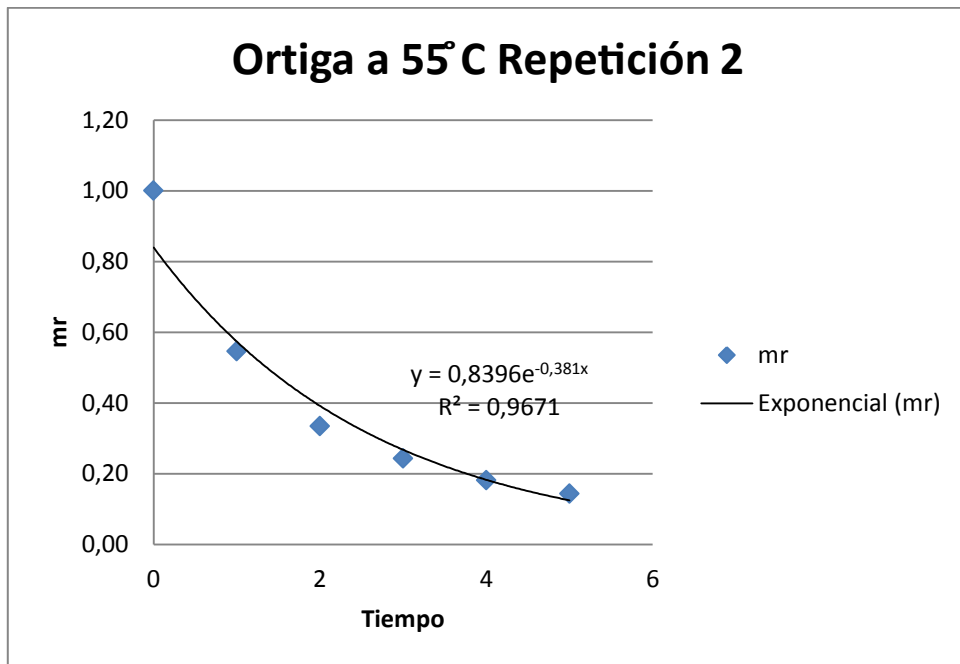


Figura N° 94: Repetición #2. MR vs tiempo de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

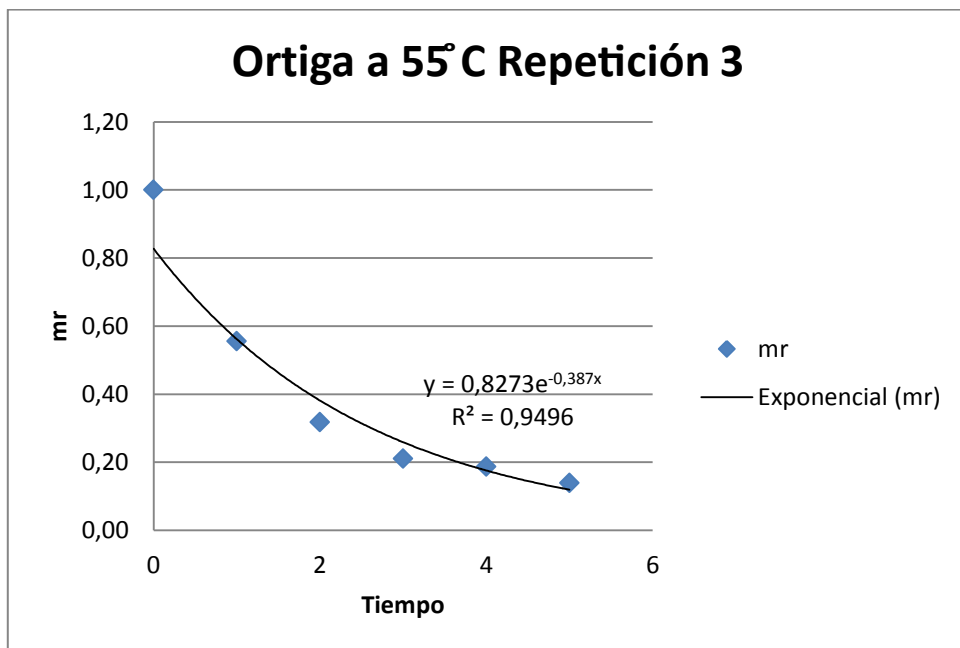


Figura N° 95: Repetición #3. MR vs tiempo de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

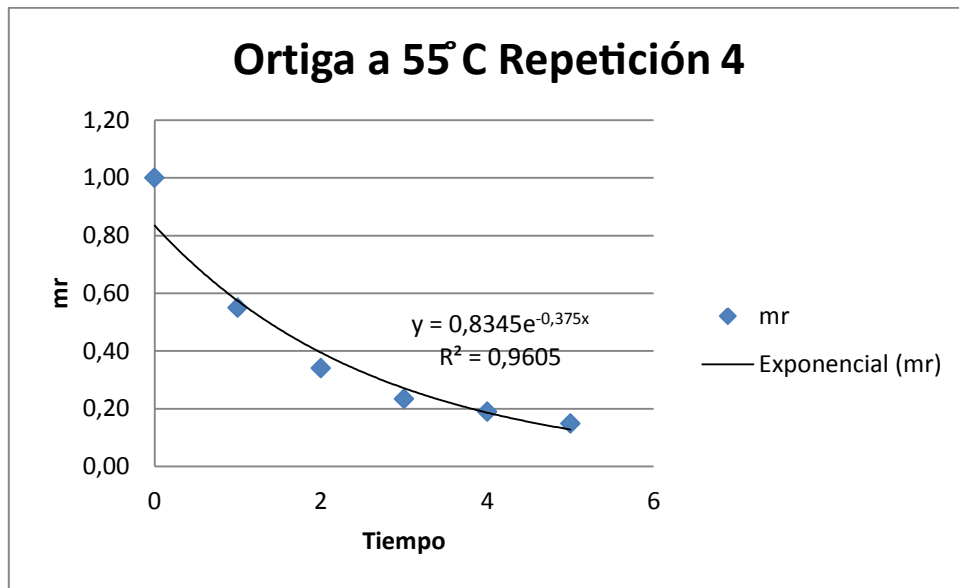


Figura N° 96: Repetición #4. MR vs tiempo de la ortiga a 55° C

Elaborado por: Autor

c) MR de la ortiga a 65 °C

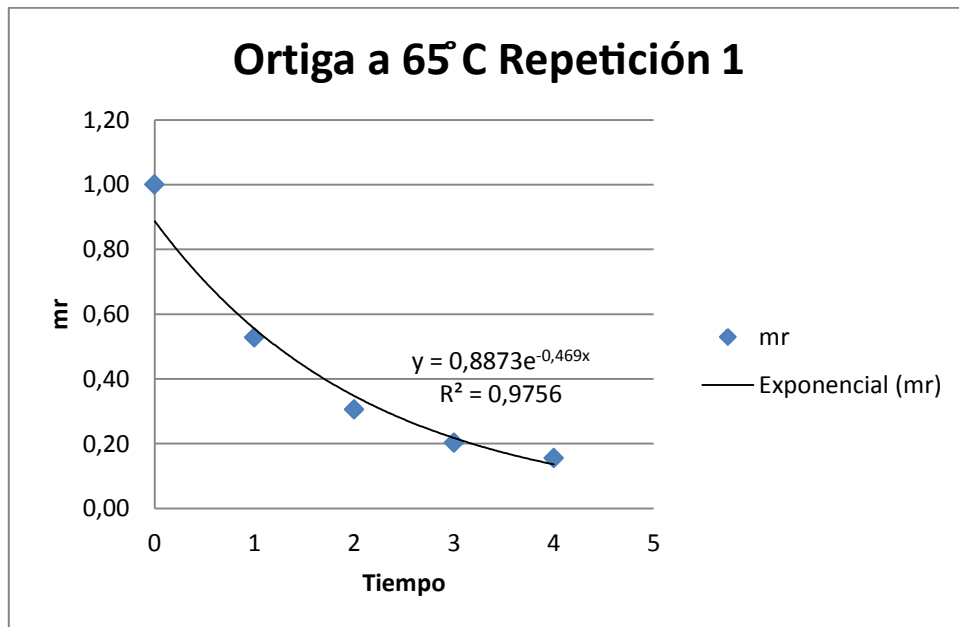


Figura N° 97: Repetición #1. MR vs tiempo de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

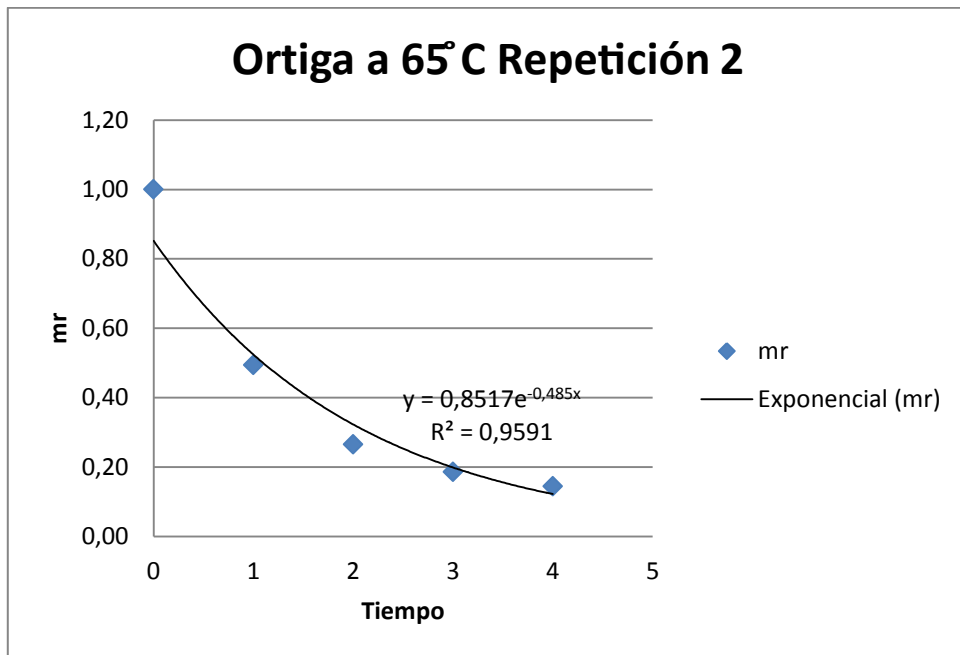


Figura N° 98: Repetición #2. MR vs tiempo de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

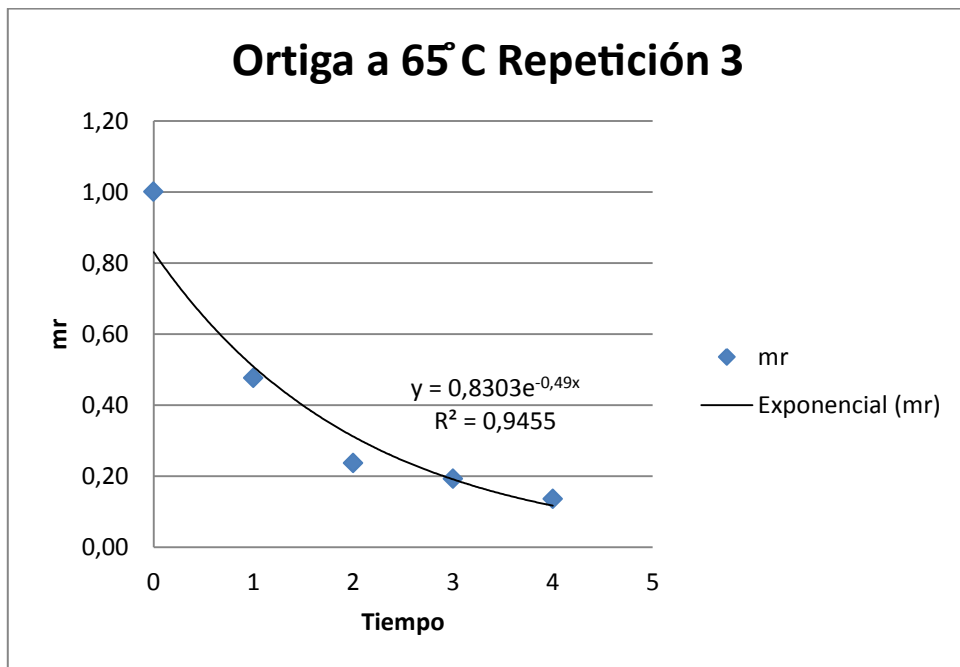


Figura N° 99: Repetición #3. MR vs tiempo de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

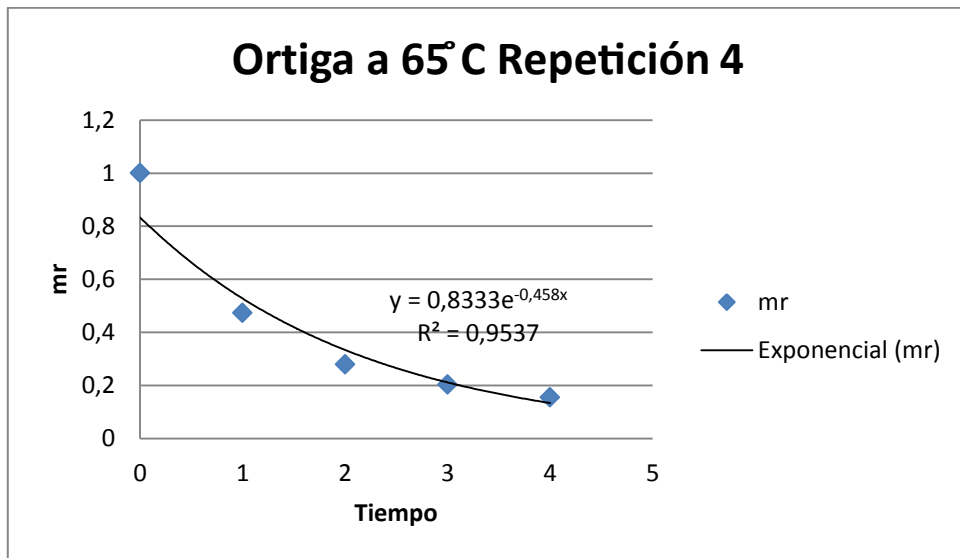


Figura N° 100: Repetición #4. MR vs tiempo de la ortiga a 65° C

Elaborado por: Autor

Anexo N° 11



PREPARACION DE MUESTRAS



SECADOR TIPO TUNEL DE BANDEJAS