UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

"CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA EN DOS TIPOS DE CHOCOLATE OSCURO PERUANO"

Presentado por:

AROLDO DAZA LA PLATA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Lima - Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

“CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA EN DOS TIPOS DE CHOCOLATE OSCURO PERUANO”

Presentado por:

AROLDO DAZA LA PLATA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg. Sc. Walter Francisco Salas Valerio
PRESIDENTE

Mg. Sc. Gloria Pascual Chagman
MIEMBRO

Mg. Sc. Luis Briceño Berru
MIEMBRO

Dr. Milber Ureña Peralta
ASESOR

Mg. Sc. Gabriela Chire Fajardo
CO-ASESOR

Lima - Perú

2018

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

SUMMARY

I. INTRODUCCIÓN……..... 1

II. REVISIÓN DE LITERATURA……... 2

2.1. EL CHOCOLATE……... 2

2.1.1. DEFINICIÓN…….... 2

2.1.2. TIPOS DE CHOCOLATES OSCUROS…….. 2

2.1.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA……..... 2

2.2. LA MANTECA DE CACAO…….. 3

2.3. PROPIEDADES FÍSICAS Y FÍSICO-QUÍMICAS DEL CHOCOLATE……. 4

2.3.1. HUMEDAD…….. 4

2.3.2. PROTEÍNA…….. 5

2.3.3. GRASA……. 5

2.3.4. CENIZA…… 5

2.3.5. FIBRA BRUTA…… 5

2.3.6. FIBRA DIETÁRIA…….. 5

2.3.7. CARBOHIDRATOS TOTALES……. 5

2.3.8. COLOR……. 6

2.4. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL CHOCOLATE……. 6

2.4.1. TEMPERATURA……. 6

2.4.2. HUMEDAD RELATIVA……. 7

2.4.3. PÉRDIDA DE OLOR Y SABOR…… 7

2.4.4. LUZ…….. 7

2.5. EFLORESCENCIA GRASA……... 7

2.6. MECANISMO DE EFLORESCENCIA GRASA……... 8

2.6.1. DIFUSIÓN MOLECULAR…….. 9

2.6.2. FLUJO CAPILAR…… 9

2.6.3. FLUJO CONVECTIVO POR PRESIONES…… 10

2.6.4. MIGRACIÓN DEL ACEITE RELACIONADO MICROESTRUCTURAS... 10

2.7. FUNCIÓN EXPONENCIAL INVERSA…… 12

2.8. RAÍZ CUADRADA MEDIA DEL ERROR (RMSE) …… 13

2.9. ESCALAMIENTO POR PENDIENTE ASCENDENTE……... 13
III. MATERIALES Y MÉTODOS…… 15
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN……... 15
3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL……. 15
3.3. MATERIALES Y EQUIPOS…….…… 15
3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS……. 16
3.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL…… 17
3.5.1. MÉTODO ACELERADO……..……. 19
3.5.2. MÉTODO CONSTANTE……. 20
3.6.EVALUACIÓN DEL PRODUCTO AL TÉRMINO DEL ALMACENAMIENTO…….. 21
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL……... 21
3.8. TRATAMIENTO DE DATOS……...…. 23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN…….……. 25
4.1. ANÁLISIS PROXIMAL……...……. 25
4.2. CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA…… 26
4.2.1. LOS CICLOS DE TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO Y SU EFECTO EN LA CINÉTICA DE LA EFLORESCENCIA GRASA……. 26
4.2.2. LA TEMPERATURA Y LA HR EN EL ALMACENAMIENTO DEL CHOCOLATE OSCURO PERUANO Y SU EFECTO EN LA CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA…….. 33
4.3. MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE LA CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA…….. 41
4.4. ESCALAMIENTO DE LAS GRAFICAS DE LA CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA…….. 45
4.4.1. ESCALAMIENTO Y VNSC PARA EL MÉTODO ACELERADO CON CICLOS DE 30 ± 1 ºC (8 HORAS) Y 20± 1 ºC (16 HORAS) CON HUMEDADES RELATIVAS DE 50; 70 Y 90 POR CIENTO…… 46
4.4.2. ESCALAMIENTO Y VNSC PARA EL MÉTODO ACELERADO CON CICLOS DE 28 ± 1 ºC (8 HORAS) Y 20 ± 1 ºC (16 HORAS) CON 30; 50 Y 70 POR CIENTO DE HUMEDAD RELATIVA……. 53
4.4.3. ESCALAMIENTO Y VNSC PARA CADA PRUEBA DEL TRATAMIENTO ACELERADO CON CICLOS DE 30 ± 1 ºC (8 HORAS) Y 20 62

± 1 ºC (16 HORAS) CON 30; 50 Y 70 POR CIENTO DE HUMEDAD RELATIVA…….
4.4.4. ESCALAMIENTO Y VNSC PARA EL MÉTODO CONSTANTE A TEMPERATURA DE 20 °C DE ALMACENAMIENTO CON 30; 50 Y 70 POR CIENTO DE HUMEDAD RELATIVA……. 69
4.4.5. ESCALAMIENTO Y VNSC PARA EL MÉTODO CONSTANTE A TEMPERATURA DE 24 °C DE ALMACENAMIENTO CON 30; 50 Y 70 POR CIENTO DE HUMEDAD RELATIVA……. 76
4.4.6. ESCALAMIENTO Y VNSC PARA EL MÉTODO CONSTANTE A 28 °C DE ALMACENAMIENTO CON 30; 50 Y 70 POR CIENTO DE HUMEDAD RELATIVA……. 84
4.5. PROCESO DE ITERACIÓN EN EL ESCALAMIENTO…….. 93
4.6. DEFINICIÓN DE LA ECUACIÓN DE CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA……... 98
4.7. VALIDACIÓN DE LA CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA……. 99
4.8. AJUSTE DE LA EGRESIÓN LINEAL PARA LOS MÉTODOS TEMPERATURA CONSTANTE…….. 101
4.8.1. RESULTADOS DEL MÉTODO DE TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO A 20 °C Y 24 °C…….. 101
4.9. CONTENIDO GRASO EN EL CHOCOLATE OSCURO PERUANO AL FINALIZAR LOS TRATAMIENTOS……... 102
V. CONCLUSIONES…… 104
VI. RECOMENDACIONES…….. 105
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS……..…. 106
VIII. ANEXOS…… 111

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1: Composición de chocolate simple con azúcar…..…..…..…..…..….. **3**

Cuadro 2: Cristalización polimorfa de la manteca de cacao…..…..…..…..….. **4**

Cuadro 3: Diseño experimental (DBCA) para la evaluación de eflorescencia en chocolate oscuro peruano, por método acelerado C1, C2 y C3…..…..…..….. **21**

Cuadro 4: Diseño experimental (DBCA) para la evaluación de eflorescencia en chocolate oscuro peruano, por método acelerado P1, P2 y P3…..…..…..…..….. **21**

Cuadro 5: Diseño experimental (DBCA) para la evaluación de eflorescencia en chocolate oscuro peruano, por método acelerado M1, C1 y C2…..…..…..…..…. **21**

Cuadro 6: Diseño experimental (DBCA) para la determinación de la cinética de la eflorescencia grasa en chocolate oscuro peruano por método constante **21**

Cuadro 7: Composición proximal del chocolate A y B, por cada 100 g de alimento…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. **25**

Cuadro 8: Índice de blancura experimental promedio para los tratamientos C1A, C1B, C2A, C2B, C3A y C3B…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. **26**

Cuadro 9: Índice de blancura experimental promedio para los tratamientos P1A, P1B, P2A, P2B, P3A y P3B…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. **29**

Cuadro 10: Índice de blancura experimental promedio para los tratamientos M1A, M1B, M2A, M2B, M3A y M3B…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. **30**

Cuadro 11: Índice de blancura experimental promedio para los tratamientos T1A, T1B, T2A, T2B, T3A y T3B…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. **34**

Cuadro 12: Índice de blancura experimental promedio para los tratamientos T4A, T4B, T5A, T5B, T6A y T6B…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…. **36**

Cuadro 13: Índice de blancura experimental promedio para los tratamientos T7A, T7B, T8A, T8B, T9A y T9B…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. **40**

Cuadro 14: Elementos de la curva de cinética de eflorescencia grasa para el método acelerado…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. **44**

Cuadro 15: Elementos de la curva de cinética de eflorescencia grasa para el método de temperatura constante…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. **44**

Cuadro 16: Coeficiente de determinación para cada tratamiento considerando las medias de los valores de K…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. **45**

Cuadro 17: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento C1A…..…..…..…..….. **48**

Cuadro 18: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento C1B…..…..…..…..….. 49
Cuadro 19: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento C2A…..…..…..…..….. 50
Cuadro 20: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento C2B…..…..…..…..….. 51
Cuadro 21: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento C3A…..…..…..…..….. 52
Cuadro 22: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento C3B…..…..…..…..….. 53
Cuadro 23: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento P1A…..…..…..…..….. 54
Cuadro 24: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento P1B…..…..…..…..….. 56
Cuadro 25: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento P2A…..…..…..…..….. 57
Cuadro 26: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento P2B…..…..…..…..….. 58
Cuadro 27: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento P3A…..…..…..…..….. 60
Cuadro 28: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento P3B…..…..…..…..….. 61
Cuadro 29: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento M1A…..…..…..…..….. 64
Cuadro 30: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento M1B…..…..…..…..….. 65
Cuadro 31: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento M2A…..…..…..…..….. 66
Cuadro 32: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento M2B…..…..…..…..….. 67
Cuadro 33: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento M3A…..…..…..…..….. 68

Cuadro 34: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento M3B…..…..…..…..….. 69
Cuadro 35: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T1A…..…..…..…..….. 71
Cuadro 36: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T1B…..…..…..…..….. 72
Cuadro 37: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T2A…..…..…..…..….. 73
Cuadro 38: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T2B…..…..…..…..….. 75
Cuadro 39: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T3A…..…..…..…..….. 76
Cuadro 40: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T3B…..…..…..…..….. 77
Cuadro 41: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T4A…..…..…..…..….. 78
Cuadro 42: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T4B …..…..…..…..….. 79
Cuadro 43: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T5A…..…..…..…..….. 80
Cuadro 44: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T5B…..…..…..…..….. 82
Cuadro 45: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T6A…..…..…..…..….. 83
Cuadro 46: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T6B…..…..…..…..….. 84
Cuadro 47: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T7A…..…..…..…..….. 85
Cuadro 48: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T7B…..…..…..…..….. 86
Cuadro 49: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T8A…..…..…..…..….. 87

Cuadro 50: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T8B…..…..…..…..….. **88**

Cuadro 51: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T9A…..…..…..…..….. **89**

Cuadro 52: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T9B…..…..…..…..….. **90**

Cuadro 53: Valores de IB inicial y final, y K (h^{-1}) después del escalonamiento de las gráficas…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. **92**

Cuadro 54: Coeficiente de determinación para cada tratamiento después del escalonamiento de las gráficas …..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. **93**

Cuadro 55: Ecuaciones modeladas para cada tratamiento con $r^2 > 0,90$….. **99**

Cuadro 56: Ecuaciones de cinética de eflorescencia grasa y correspondientes coeficientes de determinación para los tratamientos a temperatura constante de 20 y 24 °C…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. **102**

Cuadro 57: Contenido de grasa total en chocolate oscuro antes y después del tratamiento…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. **102**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representación esquematica de aceite de nuez dentro del chocolate…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. 11

Figura 2: Diagrama del procedimiento experimental…..…..…..…..…..….. 18

Figura 3: Cinética de eflorescencia grasa expresado en índice de blancura (IB) con respecto al tiempo para los tratamientos C1, C2 y C3, en dos tipos de chocolates A y B…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. 27

Figura 4: Cinética de eflorescencia grasa expresado en índice de blancura (IB) con respecto al tiempo para los tratamientos P1, P2 y P3, en dos tipos de chocolates A y B…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. 29

Figura 5: Cinética de eflorescencia grasa expresado en índice de blancura (IB) con respecto al tiempo para los tratamientos M1, M2 y M3, en dos tipos de chocolates A y B…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. 31

Figura 6: Cinética de eflorescencia grasa en dos tipos de chocolates A y B, expresado en índice de blancura (IB) con respecto al tiempo para los tratamientos T1, T2 y T3 para tres niveles de humedad relativa (30, 50 y 70 por ciento) y 20 ºC de temperatura de almacenamiento…..…..…..…..…..….. 35

Figura 7: Cinética de eflorescencia grasa en dos tipos de chocolates A y B, expresado en índice de blancura (IB) para los tratamientos T4, T5 y T6 en IB con respecto al tiempo para tres niveles de humedad relativa (30, 50 y 70 por ciento) y 24 ºC de temperatura de almacenamiento…..…..…..…..…..…..….. 36

Figura 8: Cinética de eflorescencia grasa en dos tipos de chocolates A y B, expresado en IB con respecto al tiempo para los tratamientos T7, T8 y T9 para tres niveles de humedad relativa (30; 50 y 70 por ciento) y 28 ºC de temperatura de almacenamiento…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. 40

Figura 9: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento C1A…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. 47

Figura 10: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento C1B…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. 48

Figura 11: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento C2A. …..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. 49

Figura 12: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento C2B…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…….. 50
Figura 13: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento C3A…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…….. 51
Figura 14: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento C3B…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…….. 52
Figura 15: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento P1A…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…….. 54
Figura 16: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento P1B…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…….. 55
Figura 17: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento P2A …..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…….. 57
Figura 18: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento P2B…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…….. 58
Figura 19: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento P3A…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…….. 59
Figura 20: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento P3B…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…….. 61
Figura 21: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento M1A…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…….. 63
Figura 22: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento M1B…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…….. 64
Figura 23: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento M2A…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…….. 65
Figura 24: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento M2B…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…….. 66
Figura 25: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento M3A…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…….. 67
Figura 26: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento M3B…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…….. 68
Figura 27: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T1A…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…….. 70

Figura 28: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T1B…..……..……..……..……..……..……..……..…….. 71
Figura 29: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T2A. …..……..……..……..……..……..……..……..…….. 72
Figura 30: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T2B…..……..……..……..……..……..……..……..…….. 73
Figura 31: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T3A…..……..……..……..……..……..……..……..…….. 74
Figura 32: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T3B…..……..……..……..……..……..……..……..…….. 75
Figura 33: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T4A…..……..……..……..……..……..……..……..…….. 77
Figura 34: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T4B…..……..……..……..……..……..……..……..…….. 78
Figura 35: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T5A…..……..……..……..……..……..……..……..…….. 79
Figura 36: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T5B…..……..……..……..……..……..……..……..…….. 80
Figura 37: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T6A…..……..……..……..……..……..……..……..…….. 82
Figura 38: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T6B…..……..……..……..……..……..……..……..…….. 83
Figura 39: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T7A…..……..……..……..……..……..……..……..…….. 85
Figura 40: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T7B…..……..……..……..……..……..……..……..…….. 86
Figura 41: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T8A…..……..……..……..……..……..……..……..…….. 87
Figura 42: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T8B…..……..……..……..……..……..……..……..…….. 88
Figura 43: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T9A…..……..……..……..……..……..……..……..……..…….. 89

Figura 44: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T9B…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. 90

Figura 45: Cinética de eflorescencia grasa experimental, por modelamiento matemático y escalonamiento para el tratamiento M1A…..…..…..…..….. 95

Figura 46: Tabla de datos para la construcción de gráfica de la cinética de eflorescencia grasa, tratamiento M1A…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. 95

Figura 47: Tabla de datos para la determinación del mayor valor de K….. 96

Figura 48: Concepto de Bucle…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. 97

Figura 49: Regresión lineal entre los resultados del IB experimental y el IB de escalonamiento…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. 97

Figura 50: Coeficiente de determinación entre IB experimental y el IB modelado……………………………………………………………………….. 98

Figura 51: Coeficiente de determinación entre IB experimental y el IB escalonado…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. 98

Figura 52: Validación de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento C2B…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..….. 100

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: MÉTODOS ACELERADOS Y CONSTANTES PARA DETERMINAR LA CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA……. 111
ANEXO 2: CUADRO DE DATOS PARA ANVA EN UN ARREGLO DBCA DE LOS TRATAMIENTOS C1A, C1B, C2A, C2B, C3A Y C3B AL FINALIZAR LOS TRATAMIENTOS Y EN EL PUNTO DONDE LAS GRÁFICAS CAMBIAN DE TENDENCIA…….. 112
ANEXO 3: CUADRO DE DATOS PARA ANVA EN UN ARREGLO DBCA DE LOS TRATAMIENTOS P1A, P1B, P2A, P2B, P3A Y P3B AL FINALIZAR LOS TRATAMIENTOS Y EN EL PUNTO DONDE LAS GRÁFICAS CAMBIAN DE TENDENCIA…… 113
ANEXO 4: CUADRO DE DATOS PARA ANVA EN UN ARREGLO DBCA DE LOS TRATAMIENTOS M1A, M1B, M2A, M2B, M3A Y M3B AL FINALIZAR LOS TRATAMIENTOS Y EN EL PUNTO DONDE LAS GRÁFICAS CAMBIAN DE TENDENCIA…….. 114
ANEXO 5: CUADRO DE DATOS PARA ANVA EN UN ARREGLO DBCA DE LOS TRATAMIENTOS T4A, T4B, T5A, T5B, T6A Y T6B AL FINALIZAR LOS TRATAMIENTOS……... 115
ANEXO 6: CUADRO DE DATOS PARA ANVA EN UN ARREGLO DBCA DE LOS TRATAMIENTOS T7A, T7B, T8A, T8B, T9A Y T9B AL FINALIZAR LOS TRATAMIENTOS Y EN EL PUNTO DONDE LAS GRÁFICAS CAMBIAN DE TENDENCIA…….. 116
ANEXO 7: RESULTADOS EXPERIMENTALES, MODELADOS Y ESCALONADOS DE LOS TRATAMIENTOS C1A, C1B, C2A, C2B, C3A Y C3B……...…… 118
ANEXO 8: RESULTADOS EXPERIMENTALES, MODELADOS Y ESCALONADOS DE LOS TRATAMIENTOS P1A, P1B, P2A, P2B, P3A Y P3B 129
ANEXO 9: RESULTADOS EXPERIMENTALES, MODELADOS Y ESCALONADOS DE LOS TRATAMIENTOS M1A, M1B, M2A, M2B, M3A Y M3B……. 147

ANEXO 10: RESULTADOS EXPERIMENTALES, MODELADOS Y ESCALONADOS DE LOS TRATAMIENTOS T1A, T1B, T2A, T2B, T3A Y T3B……... 159
ANEXO 11: RESULTADOS EXPERIMENTALES, MODELADOS Y ESCALONADOS DE LOS TRATAMIENTOS T4A, T4B, T5A, T5B, T6A Y T6B……... 174
ANEXO 12: RESULTADOS EXPERIMENTALES, MODELADOS Y ESCALONADOS DE LOS TRATAMIENTOS T7A, T7B, T8A, T8B, T9A Y T9B……... 194
ANEXO 13: PRUEBA RIDGE REGRESSION DEL PAQUETE ESTADÍSTICO STATGRAPHIC 16.1 PARA OBTENER EL COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN PARA LOS TRATAMIENTOS MODELADOS Y ESCALADOS……... 203
ANEXO 14: EFLORESCENCIA GRASA EN DOS TIPOS DE CHOCOLATES OSCUROS PERUANOS CON DISTINTOS TRATAMIENTOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO…… 206
ANEXO 15: DETERMINACIÓN DE LA RAÍZ CUADRADA DEL ERROR PARA LA VALIDACIÓN DE LA CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA DEL TRATAMIENTO C2B…… 207
ANEXO 16: CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA ZARRINGHALAMI, *ET AL.* (2010)…….. 211
ANEXO 17: CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA CHIRE Y HARTEL (2010)…… 211
ANEXO 18: ALGORITMO DE ESCALAMIENTO HILL CLIMBING, ANDREU (2000)……. 212

RESUMEN

La eflorescencia de la grasa es un proceso de recristalización, teniendo como resultado que la superficie del chocolate se vuelva opaca y blanca. El objetivo de la investigación fue determinar la cinética de aparición del referido fenómeno evaluando el índice de blancura (IB) en dos tipos de chocolate peruano. La cinética fue determinada para dos procesos de almacenamiento de los chocolates: el método acelerado de ciclos de temperaturas y el de temperatura constante. Para el primero se trabajó en una primera etapa con ciclos de 30 ± 1 ºC (por 8 horas) y 20 ± 1 ºC (por 16 horas), a humedades relativas de 50; 70 y 90 por ciento. La segunda etapa con ciclos de 28 ± 1 ºC (por 8 horas) y 20 ± 1 ºC (por 16 horas), a humedades relativas de 30, 50 y 70 por ciento. La tercera etapa con ciclos de 30 ± 1 ºC (por 8 horas) y 20 ± 1 ºC (por 16 horas) a humedades relativas de 30; 50 y 70 por ciento; las mediciones fueron interdiarias. Para el segundo, se trabajó con tres niveles de temperatura (20, 24 y 28 ºC) y a tres de humedad relativa (30; 50 y 70 por ciento). Se observó que a temperaturas de 20 y 24 ºC las muestras presentaron poca eflorescencia grasa; las mediciones fueron semanales. La humedad relativa no influyó significativamente ($p<0,05$) en la cinética de eflorescencia grasa de ningún tratamiento. La cinética de eflorescencia grasa para el método acelerado está por la función exponencial invertida: $IB = IBf-(IBf- IBi)e^{(- K\theta)}$ y para el método a temperatura constante por la línea recta: $IB = IBi + (\Delta IB/\Delta\theta)\ \theta$.

Palabras claves: chocolate, eflorescencia grasa, cinética.

SUMMARY

The fat bloom is a process of recrystallization, resulting in the surface of the chocolate becoming opaque and white. The objective of the research was to determine the kinetics of the appearance of this phenomenon by evaluating the whiteness index (WI) in two types of Peruvian chocolates (A and B). The kinetics were determined for two storage processes of the chocolates: the accelerated method of temperature cycles and the constant temperature method. At a first stage, cycles of 30 ± 1 ° C (for 8 hours) and 20 ± 1 ° C (for 16 hours) were run at relative humidities of 50; 70 and 90 percent. The second with cycles of 28 ± 1 ° C (for 8 hours) and 20 ± 1 ° C (for 16 hours), at relative humidities of 30; 50 and 70 percent. The third one with cycles of 30 ± 1 ºC (for 8 hours) and 20 ± 1 ºC (for 16 hours) at 30; 50 and 70 percent relative humidities; measurements were on alternate days. For the constant temperature method, three temperature levels (20; 24 and 28 ºC) were used, and at three levels of relative humidity (30; 50 and 70 %), it was observed at temperatures of 20 and 24 ºC the samples presented low fat bloom, measurements were weekly. The relative humidity did not significantly influence kinetics of fat bloom ($p<0,05$) of any treatment. Kinetic of fat bloom by accelerated method was inverted exponential function: $WI=WIf-(WIf- WIi)e^{(- K\Theta)}$ and by constant temperature method was a straight line: $WI=WIi + (\Delta WI / \Delta \Theta) \Theta$.

Keywords: chocolate, fat bloom, kinetics.

I. INTRODUCCIÓN

Las dimensiones de la calidad alimentaria dependen de atributos intrínsecos (características físico-químicas, composición nutricional, características sensoriales, seguridad microbiológica y toxicológica). Al evaluar la calidad de los chocolates uno de los factores de mayor importancia, que afecta directamente en su calidad para la comercialización, es el color que presente su superficie.

La eflorescencia grasa es un problema que se enfoca en la industria del chocolate porque compromete factores de calidad visuales y de textura. Se manifiesta como una capa blanca en la superficie del chocolate, se puede dar por un mal atemperado. Si el chocolate no es bien atemperado tendrá ausencia de cristales estables tipo βV. La eflorescencia también está relacionada a temperaturas de almacenamiento fluctuantes que generen la fundición de la manteca de cacao (Bricknell y Hartel 1998).

Estudios anteriores han determinado que este fenómeno está influenciado por la temperatura y humedad relativa (HR). Se encontró que a condiciones de 20 ºC y 50 por ciento de humedad relativa se presentó la eflorescencia luego de 10 semanas de almacenamiento mientras que a temperaturas cíclicas (20 – 28 ºC) cada 12 horas a 70 por ciento de humedad relativa se evidenció eflorescencia de una a cuatro semanas (Kilcast y Subramaniam 2000). Otros estudios reflejan que a temperaturas de almacenamiento de 20 ºC la eflorescencia tarda en aparecer entre 12 a 18 meses mientras que a temperaturas menores a 18 ºC este fenómeno no se evidenció (Subramanian *et al.* 1999).

Por lo expuesto, la investigación efectuada se realizó esperando conocer la cinética eflorescencia grasa del chocolate oscuro peruano, con la caracterización por análisis proximal, evaluación de la evolución del índice de blancura a condiciones aceleradas y constantes de temperatura y ciertos niveles fijos de humedad relativa en el almacenamiento y finalmente determinación del contenido graso al final de los ambos tipos de almacenamiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL CHOCOLATE

2.1.1 DEFINICIÓN

El chocolate (en algunas regiones también descrito como chocolate amargo, chocolate semidulce, chocolate oscuro o "*chocolat fondant*") deberá contener, en base a materia seca, no menos del 35 por ciento de extracto seco total de cacao, del cual el 18 por ciento, por lo menos, será manteca de cacao y el 14 por ciento, por lo menos, extracto seco magro de cacao (INDECOPI 2012).

2.1.2 TIPOS DE CHOCOLATES OSCUROS

- **Chocolate dulce / familiar**

  El chocolate dulce/familiar deberá contener, en extracto seco, no menos del 30 por ciento de extracto seco total de cacao, del cual no menos del 18 por ciento será manteca de cacao y el 12 por ciento, por lo menos, extracto seco magro de cacao (INDECOPI 2012).

- **Chocolate de Cobertura**

  El chocolate de cobertura debería contener, en extracto seco, no menos del 35 por ciento de extracto seco total de cacao, del cual no menos del 31 por ciento será manteca de cacao y el 2,5 por ciento, por lo menos, extracto seco magro de cacao (INDECOPI 2012).

2.1.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA

En el cuadro 1, se presenta la composición química del chocolate simple con azúcar (INS 2009).

2.2 LA MANTECA DE CACAO

La manteca de cacao está compuesta por 98 por ciento de triglicéridos, uno por ciento de ácidos grasos, 0,3-0,5 por ciento de diglicéridos y 0,1 por ciento de monoglicéridos. Además contiene 0,2 por ciento de esteroles y 150 a 350 ppm de tocoferoles (Codini *et al.* 2004).

Cuadro 1: Composición físico química del chocolate simple con azúcar, por 100 g

CHOCOLATE SIMPLE CON AZÚCAR	COMPOSICIÓN EN 100 g DE ALIMENTOS	
	Cantidad	**Unidad**
Energía	248	kcal
Agua	3,1	g
Grasa	16,8	g
Carbohidratos	75,1	g
Proteína	3,8	g
Fibra	1,0	g
Cenizas	1,2	g

FUENTE: Tomado de INS 2009.

La manteca de cacao presenta propiedades físico químicas que influyen en la elaboración y estabilidad del chocolate, como la cristalización que está relacionada directamente con la eflorescencia grasa. Por su composición de triglicéridos relativamente homogénea puede cristalizar en una estructura altamente ordenada; sin embargo una alteración de este sistema puede generar cristales inestables (Codini *et al.* 2004).

La manteca de cacao está compuesta por una alta cantidad de ácidos grasos saturados: ácido graso esteárico (21 %) y ácido palmítico (20 %). El ácido graso insaturado predominante es el oleico que representa el (23 por ciento) (Mexis *et al.* 2010).

Dependiendo de su origen los triglicéridos de la manteca de cacao están caracterizados aproximadamente como: 42,2 por ciento 1(3) palmitol – 3(1) estearol- 2- oleicoglicerol (POS), 24,2 por ciento 1(3) diestearol- 2- oleicoglicerol (SOS) y 21,8 por ciento 1,3 dipalmitol – 2- oleicoglicerol (POP). Estos triglicéridos generan el punto de fusión característico de la manteca de cacao ligeramente por debajo a la temperatura corporal (Zarringhalami *et al.* 2010).

Según Codini *et al.* (2004) mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) se identificó seis formas de cristalización (I, II, III, IV, V y VI). Chire y Hartel (2010) mencionan que las formas inestables son los tipos I al IV, siendo las deseables los tipos V y VI porque son más densas de modo que hará que el chocolate se contraiga. Otros autores como Beckett (2009) utilizando la difracción de rayos X clasificaron el polimorfismo de la manteca de cacao en tres tipos de cristales (identificados como α, β´y β).

Cuadro 2: Cristalización polimorfa de la manteca de cacao y temperatura de fusión

FORMA	CALOR LATENTE (kJ/g)	TEMPERATURA DE FUSIÓN (ºC)
I	-	17,3
II	86	23,3
III	113	25,5
IV	118	27,3
V	137	33,8
VI	148	36,3

FUENTE: Tomado de Wille y Lutton 1966.

Para obtener un chocolate con las características de calidad deseables de color, brillo y dureza el chocolate debe ser sometido a un atemperado que busca la formación de cristales tipo V. Si no se hace un buen atemperado o se hace un atemperado insuficiente se reduce la vida útil del chocolate ya que se genera la eflorescencia grasa que se presenta como una capa blanca sobre la superficie del chocolate. En términos de cristalización significa la transformación de la forma V a la forma IV (Codini *et al.* 2004).

2.3 PROPIEDADES FÍSICAS Y FÍSICO-QUÍMICAS DEL CHOCOLATE

2.3.1 HUMEDAD

Los métodos de secado son los más comunes para valorar el contenido de humedad en los alimentos; se calcula el porcentaje en agua por la pérdida en peso debida a su eliminación por calentamiento bajo condiciones normalizadas (Kirk *et al.* 1996). El método estandarizado para chocolates por la AOAC 931.04 (2005) se fundamenta en el principio antes mencionado.

2.3.2 PROTEÍNA

Se determina mucho más frecuentemente la proteína total que las proteínas o aminoácidos individuales. En general, el procedimiento de referencia Kjeldahl determina la materia nitrogenada total, que incluye tanto las no proteínas como las proteínas verdaderas (Aurand *et al.* 1987). La AOAC 960.04 (2005) estandariza este método para la determinación del contenido de proteínas en chocolate.

2.3.3 GRASA

El contenido total de lípidos se determina comúnmente por métodos de extracción con disolventes orgánicos como el método de Soxhlet (Nielsen 2003). Este último considerado por AOAC 963.15 (2005) para la determinación de grasa total en chocolates, donde la cantidad de grasa en un chocolate es relativo a su formulación.

2.3.4 CENIZAS

En este método de cuantificación de cenizas totales toda la materia orgánica se oxida en ausencia de flama a una temperatura de 600 °C; el material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza (Nollet 1996). El método mencionado anteriormente es el sugerido por AOAC 972.15 (2005) para chocolates.

2.3.5 FIBRA BRUTA

Los métodos AOAC 930.21 (2005) se fundamentan en aislar la fracción del interés con la precipitación selectiva y después determinar su peso. Una muestra gelatinizada de alimento seco, desengrasado se digiere enzimáticamente con alfa-amilasa, amiloglucosidasa y proteasa para hidrolizar al almidón y la proteína (Prosky *et al.* 1985).

2.3.6 FIBRA DIETÁRIA

AOAC 993.29 (2005).

2.3.7 CARBOHIDRATOS TOTALES

Álvarez *et al.* (2007) por diferencia porcentual respecto al resto de componentes.

2.3.8 COLOR

El color es la percepción que resulta de la detección de la luz después de su interacción con un objeto. El color percibido de un objeto es afectado por tres factores: la composición física y química del objeto, la composición espectral de la fuente de luz que ilumina el objeto y la sensibilidad espectral del ojo (Lawless y Heymann 1999).

El color de los alimentos influye de manera importante en la aceptación de los mismos. Su calidad depende del grado de estabilidad de los pigmentos presentes y de los posibles cambios químicos que pueden desarrollarse (DeMan 1999).

El porcentaje de cacao afecta a los cambios de color durante el almacenamiento, mientras mayor es el porcentaje de cacao, más estable es el color (Pastor *et al*. 2007). Entre los factores que contribuyen al aspecto del chocolate (color, forma, tamaño, brillo, etc.) el color es el que más influye en la aceptación de los consumidores. Se analiza (L*, C* y h*) a través del tiempo de almacenamiento.

Luminosidad, L*, L*=0 para negro y L*=100 para blanco
Valores de Saturación, $C^* = (a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$
Ángulo de matriz, h = arcotan (b*/a*)

Donde a* es una medida de la intensidad de color rojo (y –a* de color verde), y b* de la intensidad de color amarillo (y –b* de color azul), obtenidas del colorímetro, que también mide L*. Además, muestras con a*=b*=0 resultan acromáticas (Pastor *et al*. 2007).

2.4 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL CHOCOLATE

Dentro de los factores externos que afectan la calidad del chocolate (Man C.M.D y Jones A.A, citado por Chica y Osorio 2003) mencionan los siguientes:

2.4.1 TEMPERATURA

La temperatura, cuando es alta y en condiciones fluctuantes pueden causar pérdidas en el atemperado, “Eflorescencia grasa” y ranciamiento acelerado. Sin embargo, las bajas temperaturas conservan el sabor y las propiedades de textura del chocolate.

2.4.2 HUMEDAD RELATIVA

En condiciones de humedad relativa alta puede causar la eflorescencia del azúcar similar a la eflorescencia de la grasa, pero mucho más áspero. Esto se debe a que el azúcar soluble en el chocolate se deposita en forma de grandes gránulos, por la captación de humedad del medio.

2.4.3 PÉRDIDA DE OLOR Y SABOR

Esto se da por factores externos que penetran en el empaque. Puede darse por el almacenamiento del chocolate cerca de sustancias de olores fuertes. También por una transferencia de tintes del empaque hacia el producto.

2.4.4 LUZ

La exposición del chocolate a una fuente de luz inducida causa rancidez. Sin embargo, un buen empaque protege al producto incrementando su tiempo de vida útil.

2.5 EFLORESCENCIA GRASA

La eflorescencia de la grasa se presenta como una capa blanca en la superficie de los productos que contienen una base grasa, como chocolate, con o sin leche. En el caso del chocolate, se ve más claramente en el chocolate sin leche que en el chocolate con leche. Cuando se toca ligeramente con las puntas de los dedos, tiene una apariencia grasienta y se elimina fácilmente. Bajo el microscopio pueden observarse cristales grasos minúsculos. Esta capa blanca es perjudicial para la apariencia del chocolate y puede ser un defecto caro que conlleve grandes pérdidas para los productores de chocolate (OEPM 2001). La aparición de eflorescencia grasa en chocolates es una señal que indica que la textura ha sido dañada pero que apenas tiene algún impacto en el sabor (Roussel 2007).

Se piensa que la eflorescencia es causada, aunque no limitada, por un mal tratamiento al chocolate, los métodos incorrectos de enfriamiento, incluyendo la cobertura de centros fríos, la presencia de grasa suave en los centros de unidades cubiertas con chocolates, condiciones de almacenamiento templada y la añadidura al chocolate de grasas incompatibles con la manteca de cacao (OEPM 2001). Autores como Pastor *et al.* (2007) menciona los mismos factores como causantes de eflorescencia grasa.

La eflorescencia del chocolate puede explicarse ya que normalmente se incluyen descripciones de cómo se separan los cristales grasos de la matriz del chocolate durante la licuefacción parcial resultante de las fluctuaciones de las temperaturas; al recristalizarse, la grasa migra algunas veces a la superficie. Aunque por lo general no existe un deterioro verdadero o una reducción del sabor en el chocolate que ha "florecido", los productos de chocolate sufren pérdidas cuando ocurre esto puesto que consumidores no se interesan por un chocolate con estas características OEPM (2001).

Según Beckett (2009) el atemperado incompleto o mal ejecutado, trae consigo crecimiento de cristales inestables y de malas características de solidificación. Esto produce diferencias en el color, debido a la luz reflejada que es desorientada por el crecimiento desorganizado de los cristales, aparte de mal color de la superficie se evidencia eflorescencia grasa. Según Subramanian *et al*. (1999) la eflorescencia grasa está relacionada a la transición de las formas de cristales de la manteca de cacao del tipo βV al tipo βVI, dependiendo de las condiciones de almacenamiento, presencia de inhibidores y procesamiento previo este fenómeno de recristalización puede presentarse inmediatamente o demorar varios meses.

2.6 MECANISMO DE EFLORESCENCIA GRASA

Varias hipótesis se han propuesto para explicar la migración de grasa en el chocolate. La formación insuficiente de cristales estables β` de manteca de cacao puede dar lugar a la formación de polimorfismo de bajo punto de fusión. La dilatación durante la cristalización o debido a variaciones de temperatura podría forzar grasa líquida a través de los poros y microfracturas formadas durante el enfriamiento de la masa de chocolate. Se atribuye a la migración de grasa líquida a la superficie por una acción de bombeo originado por la diferencia de densidad de la manteca de cacao en fase sólida y líquida ocasionado por las fluctuaciones de temperaturas (Pastor *et al*. 2007).

Existen dos teorías para explicar el desarrollo de la eflorescencia grasa durante el almacenamiento: la separación de fases y la transformación polimórfica. La primera se basa en la separación de los triglicéridos de bajo y alto punto de fusión, siendo los de bajo punto de fusión causantes de la eflorescencia grasa. La segunda teoría explica el fenómeno como la transición de cristales de la manteca de cacao de la forma βV a la forma βVI, estudios realizados encontraron la presencia de estos últimos cristales siempre que se presentaba eflorescencia grasa (Bricknell y Hartel 1998).

Dahlenborg (2014) describe cuatro mecanismos, para explicar el fenómeno de eflorescencia grasa de una fase líquida en una fase sólida, difusión molecular según la ley de Fick, flujo capilar, flujo convectivo por presiones y migración del aceite relacionado a microestructuras.

2.6.1 DIFUSIÓN MOLECULAR

El transporte de aceite en los sistemas alimentarios se caracteriza normalmente como un proceso difusión descrito por las leyes de Fick. Para la transferencia de masa, en una dimensión del aceite en el chocolate con un coeficiente de difusión constante, se han utilizado modelos de ecuaciones como la que propone (Ziegleder *et al.*, citado por Dahlenborg 2014) una aproximación de la solución de la segunda ley de Fick, que describe la migración de aceite en los productos de chocolate rellenos:

$$Ct/C0 = 2.Kdm.A\ (D.t)^{0,5} / V(\pi)^{0,5}$$

En esta aproximación, Ct (g) y C0 (g) es la cantidad de aceite de entrada y salida en el chocolate después del tiempo t y 0, respectivamente. A (pulg.2) es el área de contacto entre las capas, t (s) es el tiempo para la migración, V (pulg.3) es el volumen de la muestra de chocolate, y D (pulg.2/s) es el coeficiente de difusión. Además, Kdm como una constante que describe el contacto entre las capas. Para un sistema ideal Kdm = 1, para el contacto insuficiente Kdm < 1, y para cambios estructurales debido a la hinchazón o efectos eutécticos Kdm > 1 (Ziegleder et al., citado por Dahlenborg, 2014).

Un proceso de transferencia de masa o difusión, que se verifica cuando un componente de una mezcla migra en una fase o de una fase a otra por acción de una "fuerza impulsora". La difusión de masa es explicada por la ley de Fick en donde las moléculas tienden a desplazarse aleatoriamente desde una región de alta concentración a otra de baja concentración (GeanKoplis 2009).

2.6.2 FLUJO CAPILAR

La migración de la grasa se puede dar por el movimiento de la grasa líquida a través canales entre partículas y poros conectados bajo flujo capilar. En un medio poroso, el flujo se da a través del poro por una gradiente de presión de interfaces, entre fase líquida y sólida del chocolate (Dahlenborg 2014).

El flujo capilar puede ser descrito matemáticamente por la ecuación de Lucas - Washburn, donde el movimiento de un fluido en un espacio poroso es debido al equilibrio de la tensión superficial, la gravedad y viscosidad (Dahlenborg 2014).

Según cálculos realizados por flujo capilar es un proceso muy rápido, donde sólo unos pocos segundos son suficientes para que la manteca de cacao en fase líquida pueda llegar a la altura máxima dentro de los capilares. Este mecanismo fue comparado determinando el flujo capilar experimentalmente en días y tomando como un en cuenta la tortuosidad en el proceso, lo que retrasaría el flujo capilar, donde el tiempo previsto eran todavía demasiado corto en comparación con otros obtenidos experimentalmente (Dahlenborg 2014).

La migración de la grasa en fase líquida es un proceso complejo e incluye un mecanismo rápido por flujo capilar y un mecanismo lento por difusión molecular (Deka *et al.*, citado por Dahlenborg 2014).

2.6.3 FLUJO CONVECTIVO POR PRESIONES

Cuando se somete la manteca de cacao a temperaturas más altas la se evidencia un aumento de la fase líquida, por ejemplo, la cantidad de fase líquida en una manteca de cacao procedente de África Occidental es de aproximadamente 15 por ciento a 20 °C en comparación con 40 por ciento a 30 °C. Puesto que la densidad de la manteca de cacao en fase líquida es menor que para manteca de cacao sólida esto significa que una fracción líquida ocupa un mayor volumen que una fracción sólida (Dahlenborg 2014).

Por lo tanto, cuando una parte de la manteca de cacao en un producto de chocolate se disuelve debido a los efectos eutécticos, o se funde debido a un aumento de la temperatura, hay un aumento en el volumen. Esto obliga fluir al líquido a través de la red de canales, poros y grietas hacia la superficie. Se ha sugerido que la diferencia de densidad es la clave fuerza motriz de la migración de grasa y por lo tanto del desarrollo de la eflorescencia grasa (Dahlenborg 2014).

2.6.4 MIGRACIÓN DEL ACEITE RELACIONADO A MICROESTRUCTURAS

Las investigaciones sobre microestructuras superficiales en chocolates han demostrado la presencia de imperfecciones en forma de poros y protuberancias. El autor menciona que estas imperfecciones podrían estar relacionadas con el desarrollo de la eflorescencia grasa,

principalmente por canales conectados que llevan la manteca de cacao a través del cuerpo del chocolate (Dahlenborg 2014).

El crecimiento de la eflorescencia grasa en bombones de chocolate es una de dos fases que comprende el proceso, inicialmente con la formación de gotas de grasa en la superficie y posteriormente, la nucleación de cristales y crecimiento de estos. Observaron los canales que conducen al centro del chocolate a través de la cual podría tener lugar la eflorescencia grasa (Smith y Dahlman, citado por Dahlenborg 2014).

La grasa líquida puede moverse a través de los canales, en función de la gradiente de presión causada por la temperatura cambiante, cristalizar en la superficie y luego la grasa líquida puede retornar hacia la matriz del chocolate por el mismo canal dejando una protuberancia hueca con una cáscara de grasa, que en algunos casos podría colapsar, dejando un poro en la superficie. Estos hallazgos apoyan la idea de que los poros y las protuberancias podrían estar relacionados a la migración de la grasa de productos del chocolate y por tanto al desarrollo de la eflorescencia grasa (Dahlenborg 2014).

El mecanismo de migración de la manteca de cacao fue interpretado como un proceso convectivo impulsado por la gradiente de presión que hace fluir a la manteca de cacao líquida a través del chocolate por una red de poros y grietas en dos direcciones como se indica en la figura 1, es decir hasta la superficie y de nuevo hacia la matriz (Dahlenborg 2014).

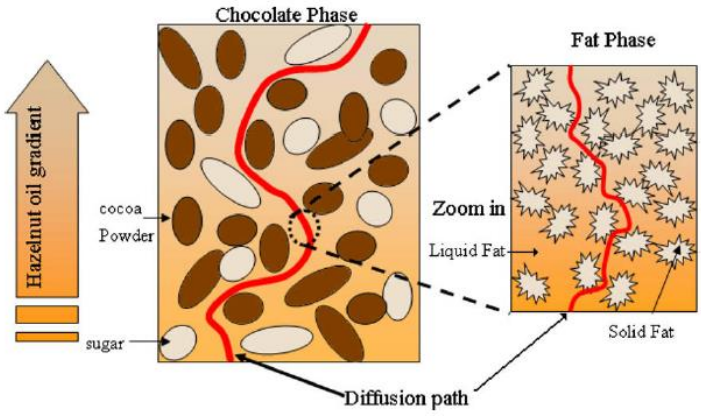


Figura 1: Representación esquematica de aceite de nuez dentro del chocolate.
FUENTE: Tomado de Gáldamez *et al.* 2008.

2.7 FUNCIÓN EXPONENCIAL INVERTIDA

Labuza (1982) menciona que los alimentos ganan agua del medio de forma exponencial hasta llegar a una humedad de equilibrio donde el alimento mantiene su humedad constante, según la humedad relativa que esté presente. El autor propone la siguiente ecuación para describir la ganancia de agua en alimentos empacados que describe un crecimiento exponencial y luego se mantiene constante cuando el alimento llegó a su humedad de equilibrio (me),

$$\text{Ln}\left(\frac{mi-me}{m-me}\right) = \left(\frac{P}{X}\right)*\left(\frac{A}{Ws}\right)*\left(\frac{po}{b}\right)*\theta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

Donde:

me, humedad de equilibrio (g_{H2O}/g $s_{ólidos}$)

mi, humedad inicial (g_{H2O}/g $s_{ólidos}$)

m, humedad esperada (g_{H2O}/g $s_{ólidos}$)

po, presión parcial del vapor del agua (cm Hg)

A, área de contacto con el medio ambiente (m^2)

Ws, peso seco del producto (g)

P, constante de permeabilidad ($gm^{-2}día^{-1}$)

X, espesor del empaque (m)

b, pendiente

θ, tiempo (día)

Afokawa *et al.* (2009) determinaron la eflorescencia grasa de muestras de chocolates representadas por la blancura (L*) y sometidas a temperaturas de almacenamiento de 18 °C y 50 por ciento de humedad relativa con 4 niveles de tamaño de partícula (18, 25, 35 y 50 µm) para acelerar la eflorescencia grasa. Registró un comportamiento similar al descrito por Labuza (1982) para la ganancia de agua, con incremento de la blancura (L*) acelerado en las primeras 92 horas de almacenamiento y luego se mantuvo constante o en equilibrio.

2.8 RAÍZ CUADRADA MEDIA DEL ERROR (RMSE) PARA VALIDACIÓN DE CINÉTICA

Sanches *et al.* (2007) realizó un estudio de cinética de migración de una sustancia (DPBD) de los empaques que es trasmitida a los alimentos donde validó la cinética de migración en chocolates utilizando la raíz cuadra del error con la siguiente ecuación:

$$\text{RMSE} = \frac{1}{\text{Cpo}} * \sqrt{\frac{1}{\text{N}} * \sum_{\text{i}=1}^{\text{N}} (m_e - m_p)^2}$$

C_{po}, concentración de inicial de DPBD ($g_{DPBD}/g_{producto}$)

m_e, concentración de DPBD experimental ($g_{DPBD}/g_{producto}$)

m_p, concentración de DPBD predecida ($g_{DPBD}/g_{producto}$)

N, número de observaciones

Los autores obtuvieron valores de RMSE próximos a 10por ciento expresados en porcentaje donde concluyó como un buen ajuste de las gráficas. Por otro lado, Supachai (2008) realizó la validación de ganancia de humedad de la ecuación de Labuza (1982) donde reportó valores de porcentaje RMSE menores al 2 por ciento utilizando la ecuación de raíz cuadrada del error en porcentaje como se muestra a continuación:

$$\%\ \text{RMSE} = 100 * \sqrt{\left(\sum_{\text{i}=1}^{\text{N}} \left(\text{m}_{\text{exp}}^{\text{i}} - \text{m}_{\text{teo}}^{\text{i}}\right)^2\right)/(\text{N})}$$

Donde,

m_{exp}^{i}, humedad experimental ($g_{H2O}/g_{sólido}$)

m_{teo}^{i}, humedad teórica ($g_{H2O}/g_{sólido}$)

N, número de repeticiones

2.9 ESCALAMIENTO POR PENDIENTE ASCENDENTE (HILL CLIMBING)

Cuando la región o resultado óptimo se encuentra lejos de los resultados experimentales se inicia una etapa de optimización denominada escalamiento.

Esta etapa consiste en escalar sucesivamente hasta llegar a una región o resultado óptimo. Existen varios métodos donde los que más destacan son el de pendiente ascendente (*Hill Climbing*) y el de escalamiento simple (*Simplex Search*), estos métodos permiten acercarse a la respuesta optima es decir a donde ya no se encontraran mejores resultados (Ayala y Prado 1995).

El escalamiento según Russel y Norvig, citado por Villagarcía (2011) traza el camino a seguir mediante una función objetivo, el resultado de esta función objetivo. Dado un estado inicial se comprobarán los datos más cercanos buscando el vecino que nos dé una heurística más satisfactoria, pasando este a ser el estado actual, continuando con este funcionamiento hasta que llegamos a la función objetivo.

Este algoritmo es que no "recuerda" el camino seguido para llegar al estado actual, es decir, sólo conoce su estado actual y el estado final, a partir de estos se calculan los vecinos y los valores para cada uno de ellos de la función objetivo. El estado final puede buscar tanto un máximo como un mínimo, depende del problema en cuestión (Villagarcía 2011).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de la Facultad de Industrias Alimentarias de la UNALM.

3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

Se realizó la determinación de cinética de eflorescencia grasa sobre dos tipos de chocolates oscuros peruanos. El chocolate del 45 por ciento de sólidos de cacao ”FONDANT” dentro de su composición presentó pasta de cacao, manteca de cacao, azúcar y lecitina de soya en esta investigación se le denominó como chocolate Tipo A. El chocolate Bitter “DARK” de 70 por ciento de sólidos de cacao fue denominado como chocolate Tipo B, dentro de su composición presentó pasta de cacao, manteca de cacao, azúcar y lecitina de soya.

Las muestras fueron adquiridas en centros de ventas con las características solicitadas. Cada muestra fue rotulada y almacenadas a temperaturas de 18 a 26 °C para su posterior evaluación (Timms 2012).

3.3 MATERIALES Y EQUIPOS

Se utilizó los siguientes materiales: 12 campanas desecadoras de 180 ml, 48 placas Petri tamaño cinco, 16 tabletas de 100 g de chocolate 45 por ciento (Fondant) chocolate tipo A, 16 tabletas de 100g de Chocolate 70 por ciento (Dark) chocolate tipo B, colorímetro Minolta® CR-400, cámara climática Climacell®, aire acondicionado, cámara de incubación *Set point* 20 °C ± 1°C, cámara de incubación *Set point* 24 °C ± 1 °C, cámara de incubación *Set point* 28 °C ± 1 °C, *software STATGRAPHICS CENTURION* 16.1® *y software Microsoft Excel*® 2007.

3.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS

Los dos tipos de chocolate oscuro fueron caracterizados por análisis proximal, así como fue determinado su color al inicio expresado en índice de blancura. Se procedió con las siguientes metodologías:

- **Humedad:** La determinación de la humedad se realizó por el método de estufa a 103 ± 3 °C, durante cuatro horas, como indica AOAC 931.04 (2005) e informando los resultados en porcentaje.

- **Proteína:** Se utilizó el método de Kjeldhal, que recomienda la AOAC 960.04 (2005) para chocolates y cuyos resultados serán reportados en porcentaje.

- **Grasa:** Se determinó por método gravimétrico en grasa recuperada aplicando extracción *Soxhlet* sobre muestra completa con éter de petróleo como indica la AOAC 963.15 (2005) y extracción con solventes sobre muestra hidrolizada en medio ácido para determinar si había diferencias entre la grasa libre y la ligada. Los resultados informados en porcentaje.

- **Ceniza:** Se determinó por método gravimétrico sometiendo la muestra a calcinación a 600 °C durante seis horas como lo recomienda AOAC 972.15 (2005) para el análisis de chocolates, representa el aporte de minerales.

- **Fibra Cruda:** Se determinó mediante digestión ácida y alcalina según AOAC 930.21 (2005) e informando los resultados en porcentaje.

- **Fibra Dietaria:** AOAC 985.29 (2005).

- **Carbohidrato:** La determinación de carbohidratos totales se realizó según la metodología utilizada por Álvarez *et al.* (2007) por diferencia del total de los otros componentes del proximal e informado los resultados en porcentaje como se indica en la siguiente ecuación:

  Carbohidratos totales (%) = 100 - [(Proteína (%) + Grasa total (%) + Cenizas (%)]

- **Índice de Blancura:** Para la evaluación de la eflorescencia grasa durante el almacenamiento, las coordenadas CieLab (L*, a*, b*) fueron determinadas con un colorímetro Minolta® CR-400, según el procedimiento señalado por Pastor (2010) de acuerdo al método aprobado AACC. 14.22 (1999). Se tomó el promedio de los valores L*, a* y b* de cuatro muestras a cuatro diferentes posiciones con ángulo de 90º y se determinó su desviación estándar. Las mediciones se realizaron a 20 °C.

  Con los datos obtenidos se calculó el índice de blancura (IB=WI) según Lohman y Hartel (1994). La ecuación empleada fue:

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}}$$

  Donde según Pastor *et al.* (2007): WI, índice de blancura (IB); L*, luminosidad rango de 0 a 100; a*, coordenada CieLab rango de +60 a -60 corresponde de rojo a verde respectivamente; y b*, coordenada CieLab rango de +60 a -60 corresponde de amarillo a azul respectivamente.

3.5 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para determinar la intensidad de la eflorescencia de grasa, como un factor que influye en la calidad del chocolate, se midió los valores L*, a* y b* usando un colorímetro Konica Minolta® y se calculó el índice de blancura (IB) como lo realizó Lohman y Hartel (1994).

El color inicial será medido directamente en las muestras, aplicando las pruebas abajo mencionadas, que se esquematizan en la figura 2.

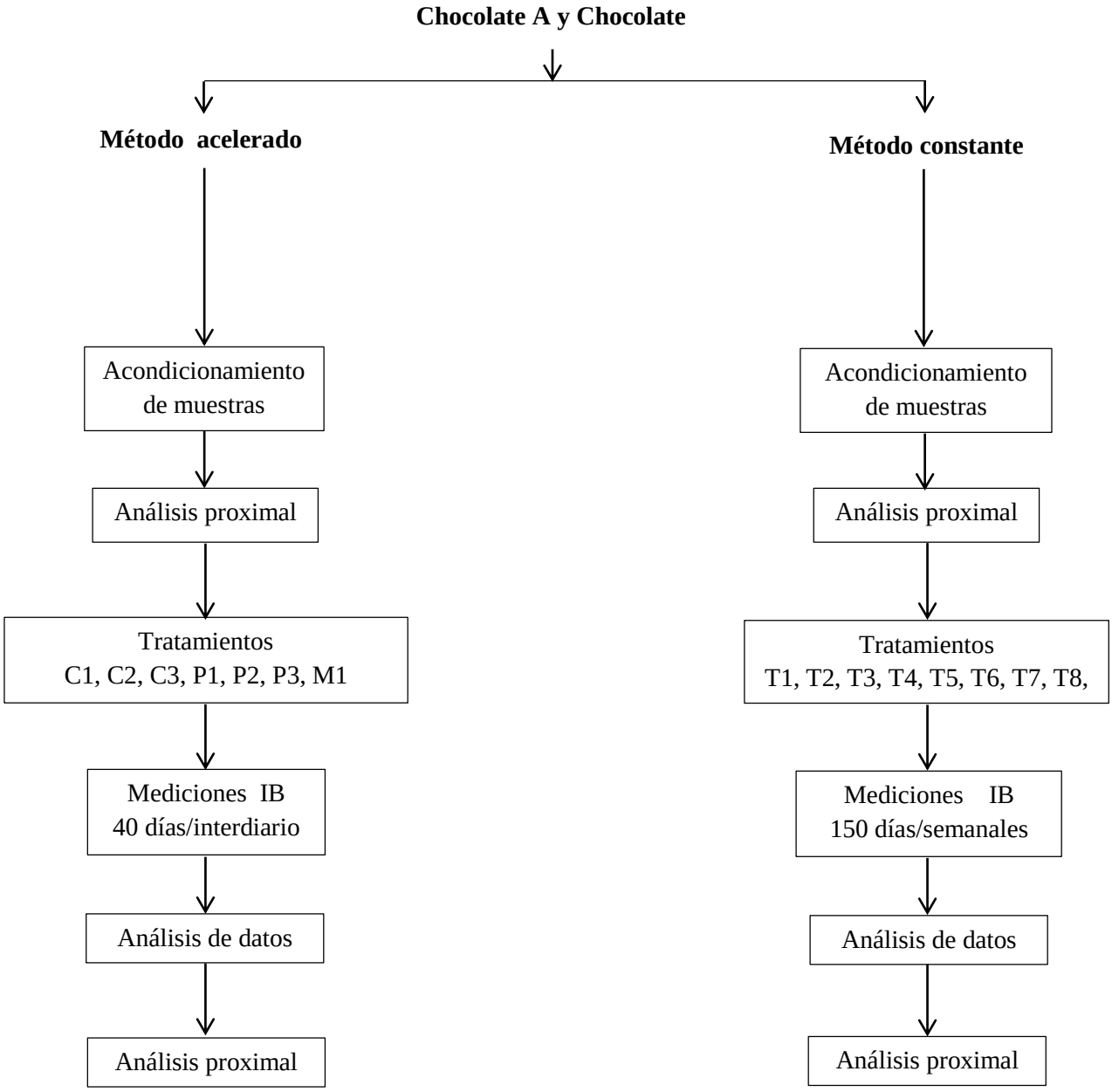


Figura 2: Diagrama del procedimiento experimental.

3.5.1 MÉTODO ACELERADO

Los chocolates fueron sometidos (Zarringhalami *et al*. 2010), a nueve tratamientos acelerados, se debe tener en cuenta que el cambio de temperatura en cada ciclo de la T° máxima a la T° mínima no fue inmediato se dio en función a una velocidad de variación de temperatura (rampa) +3,2 C°/min para incremento y -1 C°/min para descenso:

1. **C1:** Un ciclo continuo de temperatura entre 30 ± 1 ºC (por 8 horas) y 20 ± 1 ºC (por 16 horas), durante 40 días (a mediciones interdiarias) y humedad relativa de almacenamiento de 50 por ciento, lograda con una solución saturada de cloruro de sodio.
2. **C2:** Un ciclo continuo de temperatura entre 30 ± 1 ºC (por 8 horas) y 20 ± 1 ºC (por 16 horas), durante 40 días (a mediciones interdiarias) y humedad relativa de almacenamiento de 70 por ciento, lograda con una solución saturada de dicromato de sodio.
3. **C3:** Un ciclo continuo de temperatura entre 30 ± 1 ºC (por 8 horas) y 20 ± 1 ºC (por 16 horas), durante 40 días (a mediciones interdiarias) y humedad relativa de almacenamiento de 90 por ciento, lograda con una solución saturada de cromato de potasio.
4. **P1:** Un ciclo continuo de temperaturas entre 28 ± 1 ºC (por 8 horas) y 20 ± 1 ºC (por 16 horas), durante 40 días (a mediciones interdiarias) y humedad relativa de almacenamiento de 30 por ciento, lograda con una solución saturada de cloruro de magnesio.
5. **P2:** Un ciclo continuo de temperaturas entre 28 ± 1 ºC (por 8 horas) y 20 ± 1 ºC (por 16 horas), durante 40 días (a mediciones interdiarias) y humedad relativa de almacenamiento de 50 por ciento, lograda con una solución saturada de cloruro de sodio.
6. **P3:** Un ciclo continuo de temperaturas entre 28 ± 1 ºC (por 8 horas) y 20 ± 1 ºC (por 16 horas), durante 40 días (a mediciones interdiarias) y humedad relativa de almacenamiento de 70 por ciento, lograda con una solución saturada de dicromato de sodio.
7. **M1:** Un ciclo continuo de temperaturas entre 30 ± 1 ºC (por 8 horas) y 20 ± 1 ºC (por 16 horas), durante 40 días (a mediciones interdiarias) y humedad relativa de

almacenamiento de 30 por ciento, lograda con una solución saturada de cloruro de magnesio.

3.5.2 MÉTODO CONSTANTE

Los chocolates fueron sometidos a nueve (9) tratamientos: a 20, 24 y 28 ºC con humedad relativa de 30, 50 y 70 por ciento por cinco meses, realizando la medición de los valores L*, a* y b* semanalmente.

1. **T1:** Almacenamiento a 20 ± 1 ºC, durante cinco meses (a mediciones semanales) y humedad relativa de 30 por ciento, lograda con una solución saturada de cloruro de magnesio.
2. **T2:** Almacenamiento a 20 ± 1 ºC, durante cinco meses (a mediciones semanales) y humedad relativa de 50 por ciento, lograda con una solución saturada de cloruro de sodio.
3. **T3:** Almacenamiento a 20 ± 1 ºC, durante cinco meses (a mediciones semanales) y humedad relativa de 70 por ciento, lograda con una solución saturada de dicromato de sodio.
4. **T4:** Almacenamiento a 24 ± 1 ºC, durante cinco meses (a mediciones semanales) y humedad relativa de 30 por ciento, lograda con una solución saturada de cloruro de magnesio.
5. **T5:** Almacenamiento a 24 ± 1 ºC, durante cinco meses (a mediciones semanales) y humedad relativa de 50 por ciento, lograda con una solución saturada de cloruro de sodio.
6. **T6:** Almacenamiento a 24 ± 1 ºC, durante cinco meses (a mediciones semanales) y humedad relativa de 70 por ciento, lograda con una solución saturada de dicromato de sodio.
7. **T7:** Almacenamiento a 28 ± 1 ºC, durante cinco meses (a mediciones semanales) y humedad relativa de 30 por ciento, lograda con una solución saturada de cloruro de magnesio.

8. **T8:** Almacenamiento a 28 ± 1 ºC, durante cinco meses (a mediciones semanales) y humedad relativa de 50 por ciento, lograda con una solución saturada de cloruro de sodio.
9. **T9:** Almacenamiento a 28 ± 1 ºC, durante cinco meses (a mediciones semanales) y humedad relativa de 70 por ciento, lograda con una solución saturada de dicromato de sodio.

3.6 EVALUACIÓN DEL PRODUCTO AL TÉRMINO DE LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO.

Terminado el experimento se realizó la determinación de grasa total por análisis soxhlet AOAC 963.15 (2005) a los tratamientos con coeficiente de determinación mayor a 0,90.

3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el método acelerado se aplicó un diseño experimental de bloques completo al azar – DBCA, con tres repeticiones para determinar si había diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tres niveles de humedad relativa sobre la eflorescencia grasa considerando los valores del Índice de Blancura - IB (cuadros 3; 4 y 5), calculado a partir de los valores L*, a* y b* obtenidos de forma interdiaria, siendo los bloques los tipos de muestras de chocolate.

Para el método constante se aplicó un arreglo factorial 3^2 x 3 dentro de un diseño experimental de bloques completo al azar - DBCA con tres repeticiones (cuadro 6), para determinar si existe efecto significativo ($p < 0,05$) de la temperatura y de la humedad relativa sobre la eflorescencia grasa, considerando los valores L*, a* y b* obtenidos semanalmente, siendo los bloques los tipos de muestras de chocolate.

Cuadro 3: Diseño experimental (DBCA) para la evaluación de eflorescencia grasa en chocolate oscuro peruano, por método acelerado C1, C2 y C3

BLOQUES	HR = 50 %	HR = 70 %	HR = 90 %	CICLO
Bloque A Chocolate A	C1A	C2A	C3A	T=30 ± 1 ºC (8 horas)
Bloque B Chocolate B	C1B	C2B	C3B	T=20 ± 1 ºC (16 horas)

Cuadro 4: Diseño experimental (DBCA) para la evaluación de eflorescencia grasa en dos tipos de chocolate oscuro peruano, por método acelerado P1, P2 y P3

BLOQUES	HR=50 %	HR=70 %	HR=90%	CICLO
Bloque A Chocolate A	P1A	P2A	P3A	T=28 ± 1 ºC (8 horas)
Bloque B Chocolate B	P1B	P2B	P3B	T=20 ± 1 ºC (16 horas)

Cuadro 5: Diseño experimental (DBCA) para la evaluación de eflorescencia grasa en chocolate oscuro peruano, por método acelerado M1, C1 y C2

BLOQUES	HR=50 %	HR=70 %	HR=90%	CICLO
Bloque A Chocolate A	M1A	M2A = C1A	M3A = C2A	T=30 ± 1 ºC (8 horas)
Bloque B Chocolate B	M1B	M2B = C1B	M3B = C2B	T=20 ± 1 ºC (16 horas)

Cuadro 6: Diseño experimental (DBCA) para la determinación de la cinética de eflorescencia grasa en chocolate oscuro peruano por método constante

BLOQUES	T=20ºC	T=24ºC	T=28ºC	
Bloque A Chocolate A	T1A	T4A	T7A	HR=30 %
	T2A	T5A	T8A	HR=50 %
	T3A	T6A	T9A	HR=70 %
Bloque B Chocolate B	T1B	T4B	T7B	HR=30 %
	T2B	T5B	T8B	HR=50 %
	T3B	T6B	T9B	HR=70 %

3.8.TRATAMIENTO DE DATOS

- **Modelamiento**

  Para el método acelerado se utilizó los resultados de IB experimentales (IB) y tiempo (θ) para obtener los valores teóricos/calculados de K (h^{-1}) que es la constante de velocidad de reacción de la cinética de eflorescencia grasa con la ecuación:

  $$K= (-1/\theta) * Ln ((IBf-IBi) / (IB-IBi))$$

  donde: IBf es el índice de blancura de la manteca de cacao 60,90 , IBi es el índice de blancura inicial tomada para cada muestra al inicio de la prueba. Los valores K fueron promediados y utilizados para la construcción de la cinética de cada tratamiento.

  Para unos tratamientos a temperatura constante se aplicó la ecuación de una línea recta al no tener coeficientes de determinación mayores a 0,9 aplicando el modelo antes referido.

- **VNSC:** Según Rubio (2004) es la Determinación de la Variación no Significativa en Cinética con lo que se obtiene el tiempo a partir del cual la cinética tiene valores de IB cuya variación es no significativa, lo que es determinado aplicando primero un análisis de varianza y posteriormente la comparación de medias con la prueba de TUKEY.

- **Escalonamiento:** Se utilizó el software Microsoft® Excel® 2007 para determinar con cual valor de la constante de reacción en cinética K calculada explica mejor la cinética de eflorescencia grasa para cada tratamiento.

  Pasos del escalamiento:

  i. Identificación del punto inicial o punto actual.
  ii. Se desplaza a un siguiente punto si este reporta una mejor respuesta que el punto actual, el nuevo punto se convierte en el punto actual. Este método no almacena la data de puntos anteriores.

iii. El método finaliza cuando no se obtienen mejorías o se llegó a un número definido de iteraciones en caso que las hubiese.

- **Obtención del mejor coeficiente de determinación:** Se utilizó la opción *ridge regression* del paquete estadístico *STATGRAPHICS CENTURION* 16.1® donde la variable independiente fueron los valores experimentales de IB esperado y la dependiente el IB esperado teórico para cada prueba.

- **Validación de la cinética de eflorescencia grasa,** la validación de la cinética de eflorescencia grasa se realizó utilizando la ecuación de RMSE citada por Sanches *et al.* (2007) y adaptada al índice de blancura

$$\text{RMSE} = \frac{1}{\text{IBi}} * \sqrt{\frac{1}{\text{N}} * \sum_{\text{i}=1}^{\text{N}} (\text{IBe} - \text{IBt})^2}$$

Donde;

N, número de observaciones

IBi, Índice de blancura inicial

IBt, Índice de blancura teórico

Regresión lineal, se utilizó la opción regresión simple del paquete estadístico *STATGRAPHIC CENTURIÓN* 16.1® donde la variable independiente fue el tiempo y la variable dependiente el índice de blancura.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 ANÁLISIS PROXIMAL

En el cuadro 7 se presentan los valores obtenidos en el análisis proximal de ambos chocolates.

Cuadro 7: Composición proximal del chocolate A y B, gramos por 100 g de alimento

COMPOSICIÓN	CHOCOLATE A (45 % sólidos de cacao)	CHOCOLATE B (70 % sólidos de cacao)
Proteína	5,16	9,8
Humedad	0,42	0,88
Grasa	30,71	42,34
Fibra Cruda	0,08	0,82
Cenizas	1,42	2,48
Carbohidratos	62,21	43,68

El chocolate B contiene mayor cantidad de grasa (42,34 %) ya que su formulación contiene 70 por ciento de sólidos de cacao, mientras que el chocolate A tiene solo 45 por ciento de sólidos de cacao (30,71 % de grasa). Según la NTP INDECOPI (2012) para chocolates y confiterías el chocolate debe contener no menos de 35 por ciento de sólidos de cacao, por lo tanto, la manteca no debe ser menor al 18 por ciento.

De lo antes referido se deduce que las muestras utilizadas cumplen con la NTP, por lo que pueden utilizar la denominación del producto como tal. Cabe mencionar también que ambos chocolates cumplen con lo dispuesto por el INS (2009), ya que en su tabla de composición de alimentos peruanos reporta que para el chocolate simple con azúcar el tenor graso es 16,8 por ciento.

4.2 CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA

4.2.1 LOS CICLOS DE TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO Y SU EFECTO EN LA CINÉTICA DE LA EFLORESCENCIA GRASA

De los datos obtenidos experimentalmente se construyó la cinética de eflorescencia grasa para cada tratamiento donde la variable independiente fue el tiempo expresado en horas y la variable dependiente fue el índice de blancura (IB). En la figura 3 se muestran las cinéticas de eflorescencia grasa de los tratamientos C1A, C1B, C2A, C2B, C3A y C3B que se construyeron con los datos de IB promedio que se muestran en el cuadro 8.

Cuadro 8: Índice de Blancura experimental promedio para los tratamientos C1A, C1B, C2A, C2B, C3A y C3B

TIEMPO (horas)	C1A	C1B	C2A	C2B	C3A	C3B
0	28,6	27,9	29,0	28,0	28,9	28,2
72	44,5	48,1	35,9	43,4	52,4	48,4
120	46,0	48,3	37,0	41,7	46,0	48,3
168	48,8	49,9	39,1	43,2	49,3	44,9
240	47,3	47,9	36,6	39,2	46,2	41,2
288	47,3	47,5	36,3	39,4	46,2	41,2
336	50,5	51,1	40,2	42,0	49,9	45,3
504	51,5	51,3	40,3	42,1	47,2	41,3

Se realizó un análisis de varianza del índice de blancura (IB) a los valores obtenidos al finalizar los tratamientos C1A, C1B, C2A, C2B, C3A y C3B y otro a los valores del punto donde la curva de estos tratamientos cambian de tendencia de un incremento acelerado del índice de blancura a una tendencia lineal. En el primer caso se observó que a un 95 por ciento de probabilidad no existio diferencia significativa entre tratamientos (p-valor= 0,13) ni entre bloques (p-valor= 0,60) siendo los tipos de chocolates A y B los bloques. De lo anterior se deduce que la humedad relativa no ejerció un efecto significativo en la eflorescencia grasa donde se trabajó a 50; 70 y 90 por ciento de humedad relativa y con ciclos acelerados de almacenamiento de 30 °C ± 1 °C por 8 horas y 20 °C ± 1 °C por 16 horas.

Al realizar el análisis de varianza de los tratamientos C1A, C1B, C2A, C2B, C3A y C3B donde las curvas de los tratamientos cambian de tendencia (figura 3) se obtuvo que a un 95 por ciento de probabilidad los tratamientos no presentaron diferencia significativa (p-valor= 0,23) ni entre los bloques (p-valor= 0.56) siendo los tipos de chocolates A y B los bloques. Se deduce que la humedad relativa no ejerció un efecto significativo en la eflorescencia grasa donde se trabajó a 50; 70 y 90 por ciento de humedad relativa y con ciclos acelerados con ciclos acelerados de almacenamiento de 30 °C ± 1 °C por 8 horas y 20 °C ± 1 °C por 16 horas.

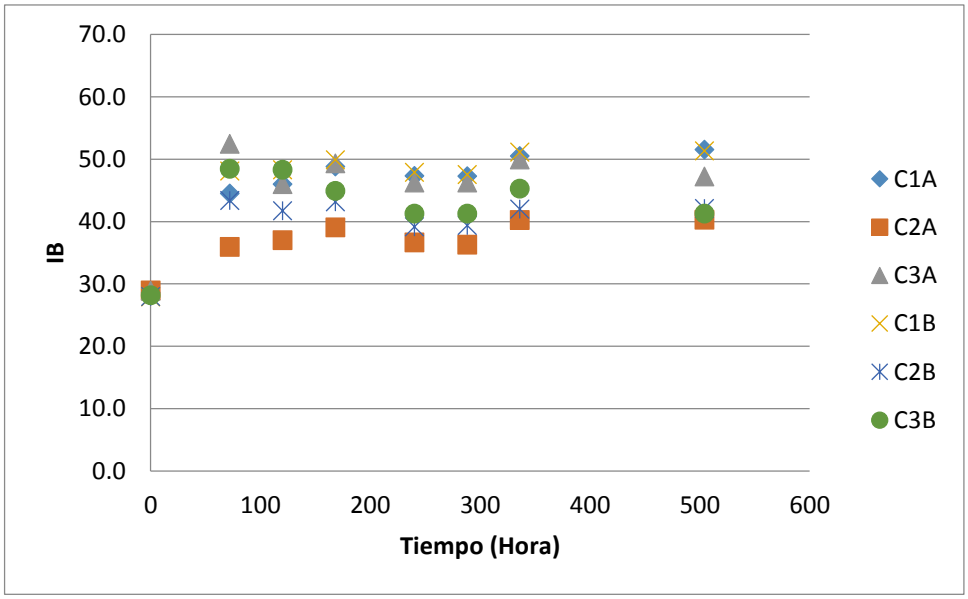


Figura 3: Cinética de eflorescencia grasa expresado en Índice de Blancura (IB) con respecto al tiempo para los tratamientos C1, C2 y C3, en dos tipos de chocolates A y B.

Zarringhalami *et al.* (2010) utilizaron una prueba con los mismos niveles de temperatura por ciclo; sin embargo, reportaron valores menores de índice de blancura (IB) (IB máx = 32) posiblemente por la diferencia de la composición la muestra y la diferencia en el tenor graso. Las gráficas mostradas por los autores presentan el mismo comportamiento que las obtenidas en la presente investigación con crecimiento acelerado del IB hasta el valor del punto de inflexión y tendencia lineal o ligeramente creciente para puntos posteriores.

Similar comportamiento como el antes descrito encontraron Chire y Hartel (2011) al evaluar la eflorescencia grasa de un chocolate oscuro con 26 por ciento de tenor graso y distintas concentraciones de varios tipos de emulsificantes para determinar la influencia de estos en la eflorescencia grasa.

Las condiciones de almacenamiento fueron de 19 a 29 °C cada 6 horas, encontrándose que el IB aumentó hasta el día 40 para luego mantenerse constante.

De los datos de cuadro 9 se construyó las curvas que se muestran en la figura 4 que corresponde a los tratamientos P1A, P1B, P2A, P2B, P3A y P3B. Para los tratamientos P1, P2 y P3 (figura 4) se utilizaron menores niveles de humedad relativa (30, 50 y 70 %) para evitar el crecimiento de mohos durante la prueba ya que se observó que generan interferencia en la colecta de datos. Asimismo, se utilizó ciclos de 28 ± 1 ºC por 8 horas y 20 ± 1 ºC por 16 horas con el objetivo de observar un retardo en la aparición de la eflorescencia en comparación a los tratamientos trabajados anteriormente.

Se evidenció que el crecimiento del índice de blancura de los tratamientos P1, P2 y P3 con sus bloques de chocolate A y B (figura 4) fue menos acelerado en comparación de los tratamientos C1, C2 y C3 con bloques de chocolates Ay B (figura 3) posiblemente porque se generó menor fase líquida de la manteca de cacao.

Se realizó un análisis de varianza del índice de blancura (IB) a los valores obtenidos al finalizar los tratamientos P1A, P1B, P2A, P2B, P3A y P3B donde a un 95 por ciento de probabilidad se obtuvo que no existe diferencia significativa entre los tratamiento (p-valor=0,66) también se observó que no existe diferencia significativa entre bloques (p-valor=0,46) siendo los bloques los dos tipos de chocolate A y B. Se deduce que a los niveles de humedad relativa (30; 50 y 70 %) no ejerce efecto significativo en la eflorescencia grasa.

También se realizó un análisis de varianza del índice de blancura (IB) de los tratamientos P1A, P1B, P2A, P2B, P3A y P3B en el punto donde las curvas de los tratamientos cambian de tendencia de un crecimiento acelerado a un comportamiento constante. Se evidenció que a un 95 por ciento de probabilidad no existe diferencia significativa entre los índices de blancura IB de los tratamientos evaluados (p-valor = 0,66); así mismo, se determinó que no existe diferencia significativa entre los bloques (p-valor = 0,46) siendo los chocolates A y B los bloques. Se deduce que a los niveles de humedad relativa (30; 50 y 70 %) no ejerce efecto significativo en la eflorescencia grasa.

Cuadro 9: Índice de Blancura experimental promedio para los tratamientos P1A, P1B, P2A, P2B, P3A y P3B

TIEMPO (horas)	P1A	P1B	P2A	P2B	P3A	P3B
0	28,8	28,6	30,9	28,9	29,6	29,1
48	29,6	31,8	29,6	30,8	29,5	31,0
96	31,0	34,3	30,7	32,6	31,4	33,2
168	31,0	34,3	32,0	34,6	32,3	34,1
216	31,3	35,0	30,7	33,5	33,4	32,1
288	31,6	36,0	31,1	34,3	34,2	34,6
456	31,3	35,8	29,8	34,2	32,0	32,0
504	32,6	36,9	30,9	34,9	32,6	31,4
552	31,9	36,4	30,0	34,3	32,4	32,4
720	31,0	35,9	29,8	31,4	31,5	31,4
792	32,0	36,0	36,6	36,7	31,5	31,1
840	33,5	36,4	36,7	36,3	31,1	32,9
888	31,1	35,0	33,9	35,0	31,6	32,3
1056	31,6	34,2	33,5	34,3	33,3	32,6
1224	33,4	35,0	33,8	34,7	33,9	33,1

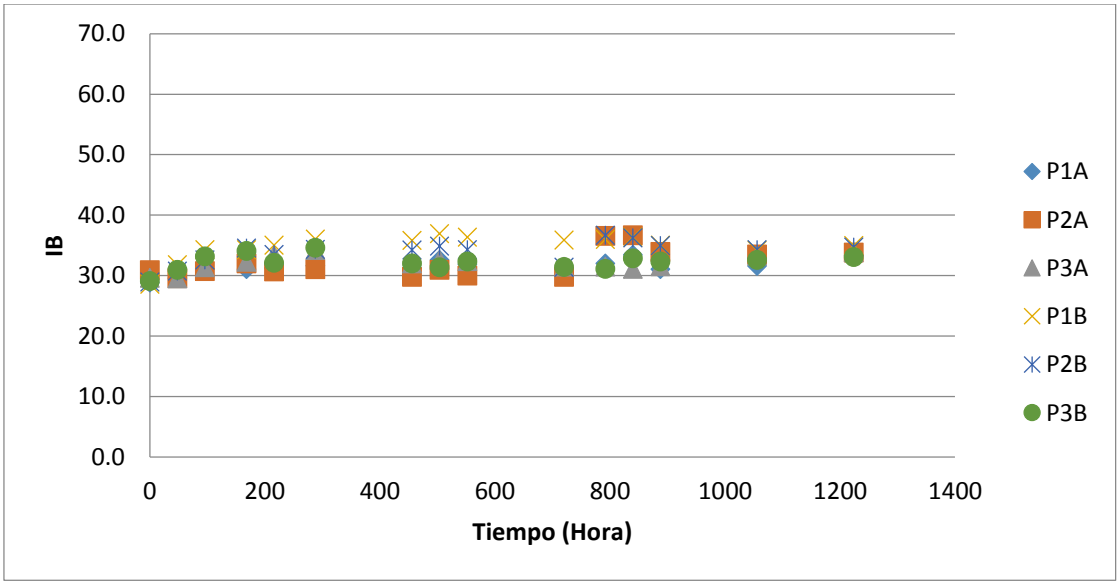


Figura 4: Cinética de eflorescencia grasa expresado en Índice de Blancura (IB) con respecto al tiempo para los tratamientos P1, P2 y P3, en dos tipos de chocolates A y B.

En la figura 5 se observa que las curvas de cinética de eflorescencia grasa para los tratamientos M1A, M1B, M2A, M2B, M3A y M3B que se obtuvieron de los datos presentados en el cuadro 10. Las curvas de los tratamientos M1, M2 y M3 con bloques de chocolates A y B presentaron un comportamiento acelerado al inicio hasta un punto donde las gráficas cambian de tendencia a un comportamiento lineal, esto se debe a que se utilizó ciclos con 30 ºC por 8 horas y 20 °C por 16 horas que posiblemente formaron mayor fase líquida de la materia grasa de las muestras y forzaron la eflorescencia. Se evidenció que las gráficas que se muestran en la figura 5 que corresponden a los tratamientos M1A, M1B, M2A, M2B, M3A y M3B presentaron el mismo comportamiento que los tratamientos C1A, C1B, C2A, C2B, C3A y C3B (figura 3).

Se realizó el análisis de varianza al finalizar los tratamientos donde se observó que a un 95 por ciento de probabilidad se determinó que no existe diferencia significativa al comprar las medias de los índices de blancura de los tratamientos M1A, M1B, M2A, M2B, M3A y M3B (p-valor=0,37), se deduce que, al trabajar a niveles de humedad relativa de 30, 50 y 70 por ciento no ejerce un efecto significativo en la formación de la eflorescencia grasa. De la misma forma se realizó en análisis de varianza de los tratamientos M1A, M1B, M2A, M2B, M3A y M3B en el punto donde las curvas cambian de tendencia de un crecimiento acelerado a un comportamiento constante como se observa en la figura 5; se determinó que no existe diferencia significativa entre las medias de los índices de blancura (IB) de los tratamientos (p-valor = 0,21) tampoco se encontró diferencia significativa entre los bloques (p-valor = 0,15). Siendo los tipos de chocolates A y b los bloques.

Cuadro 10: Índice de Blancura (IB) experimental promedio para los tratamientos M1A, M1B, M2A, M2B, M3A y M3B

TIEMPO (horas)	M1A	M1B	M2A	M2B	M3A	M3B
0	28,8	27,4	28,4	27,4	28,8	27,3
48	48,5	52,8	47,6	51,0	35,6	47,9
144	52,1	54,9	46,8	49,2	48,4	46,3
192	52,5	54,5	45,5	47,3	46,3	44,2
288	52,5	54,1	45,0	45,9	51,7	44,5
336	52,7	54,1	45,6	46,2	52,0	42,8
504	51,6	52,9	44,5	43,5	51,9	40,5
552	53,1	54,8	46,6	46,1	52,7	41,8
624	52,2	53,5	44,5	43,5	50,3	37,2
672	54,4	55,7	47,7	47,4	53,1	42,3

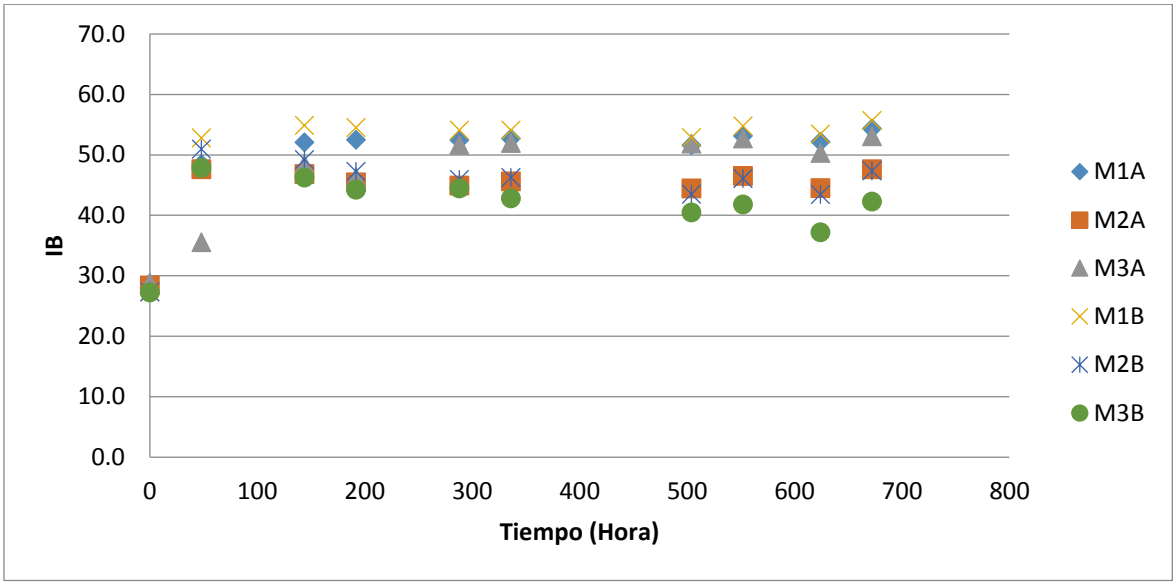


Figura 5: Cinética de eflorescencia grasa expresado en Índice de Blancura (IB) con respecto al tiempo para los tratamientos M1, M2 y M3, en dos tipos de chocolates A y B.

Los tratamientos ensayados mostraron una mayor aceleración de la eflorescencia grasa que lo reportado por Chire y Hartel (2011) ya que a las 72 horas se observó que las muestras habían llegado al IB máximo en comparación a lo reportado por los autores de 40 días en condiciones de almacenamiento de ciclos de temperatura de 19 a 29 °C cada 6 horas. Tal diferencia de tiempo podría ser explicada por el mayor tenor graso de los chocolates A y B, la presencia de emulsificantes aplicados por los autores y porque en la presente investigación se utilizó una prueba acelerada a 30 ± 1 ºC (por 8 horas) y 20 ± 1 ºC (por 16 horas) que pudo haber permitido generar una mayor fase líquida de la manteca de cacao y favorecer su difusión.

Para efectos de esta prueba se evidenció que a mayores niveles de temperatura siendo la temperatura máxima de almacenamiento 30 °C se evidenció un crecimiento de eflorescencia grasa acelerado en comparación a los tratamientos expuestos a ciclos acelerados con 28 °C de temperatura máxima, esto se debe a la mayor formación de fase líquida de los sólidos grasos en la matriz del chocolate.

Cabe mencionar que la formación de la eflorescencia grasa también es influenciada por el tamaño de partícula que presenten los chocolates ya que a mayor tamaño de partícula el chocolate presentará mayor porosidad por donde fluirá la fase líquida de la manteca de cacao, Afoakwa *et al.* (2009) evaluaron la eflorescencia grasa en una formulación de chocolate a distintos tamaños de partícula. Evidenciaron que después de 90 horas de almacenamiento a 18 ± 1 °C y 50 por ciento HR las muestras de chocolate llegaron a su máximo valor de L* como indicador de blancura.

La manteca de cacao que llegó a la superficie de los chocolates sufrió un proceso de recristalización lo que genera la eflorescencia grasa, al comprar los tratamientos con temperatura máxima de almacenamiento de 30 °C y los almacenados a temperatura máxima de almacenamiento de 28 °C se puede evidenciar que estos últimos presentaron menor flujo de manteca de cacao en fase líquida hacia la superficie y posteriormente que sufrió recristalización como indica Afoakwa *et al.* (2009) mencionan que la eflorescencia ocurre por un proceso de recristalización de la manteca de cacao y que según Beckett (2009) en el proceso de atemperado se producen los cristales del tipo V que favorecen a la estabilidad retardando la eflorescencia.

Se evidenció experimentalmente que las muestras presentaron su máxima eflorescencia grasa expresada en el índice de blancura (IB) después del primer ciclo de almacenamiento equivalente a 24 horas de almacenamiento para todos los tratamientos sometidos a pruebas aceleradas, autores como Ali *et al.* (2001) trabajaron a ciclos de 30 ± 1 °C (8 horas) y 20 ± 1 °C (16 horas) con los mismos ciclos de temperatura que los tratamientos C1, C2, C3, M1, M2 y M3 reportando resultados distintos ya que las muestras del autor presentaron eflorescencia grasa después de la tercera semana de almacenamiento. Un comportamiento similar al de Ali *et al.* (2001) reportó Flores (2014), este comportamiento de eflorescencia retardada está relacionado a la composición y la cantidad de manteca de cacao de los chocolates, ya que este último autor utilizó sustitutos de la manteca de cacao.

Experimentalmente se evidenció que el máximo índice de blancura se consiguió luego de 24 horas de almacenamiento luego los tratamientos presentaron un comportamiento del índice de blancura constante este comportamiento se evidenció en todos los tratamientos sometido a pruebas aceleradas. Bricknell y Hartel (1998) evaluaron la eflorescencia grasa en chocolates preparados con sustitución de azúcar (50/50, p/p) con azúcar y sucrosa, los chocolates fueron sometidos a métodos acelerados de almacenamiento 19 °C por 6 horas y

29 °C por 6 horas, se observó que después de dos días de almacenamiento las muestras presentaron la mayor diferencia del índice de blancura y luego la variación del IB se mantuvo estable. El comportamiento descrito por el autor es similar al que se reportó; sin embargo, con una ligera variación esto puede ser por la composición de las muestras que influye en la eflorescencia grasa y a la temperatura máxima trabajada en los ciclos de almacenamiento por ser un grado Celsius menor en comparación a los trabajados experimentalmente.

La composición de los chocolates influye en el desarrollo de la eflorescencia grasa; así mismo, un fenómeno relacionado a la eflorescia grasa es la eflorescencia de azúcares Ghosh *et al.* (2005) evaluaron la permeabilidad de coberturas de chocolates en confitería como una barrera protectora para los productos que recubre. Los autores evidenciaron que al aumentar la materia grasa en la composición de las coberturas disminuye su permeabilidad, mientras que el aumento de azúcares y polvo de cacao incrementa la permeabilidad de la cobertura ya que tienden a adsorber moléculas de agua, el estudio fue realizado a humedad relativa de 70 por ciento y se evidenció que en este ambiente las muestras tienden a humedecerse y generar la eflorescia de azucares. Experimentalmete se trabajó con dos tipos de chocolates A y B con distinta composición; sin embargo, estadísticamente se observó que la composición de los chocolates no presentaron una variación significativa en el desarrollo de la eflorescencia grasa esto puede ser porque la diferencia entre el tenor graso de los chocolates A y B no fue suficiente para reportar una variación estadísticamente significativa.

4.2.2 LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD RELATIVA EN EL ALMACENAMIENTO DEL CHOCOLATE OSCURO PERUANO Y SU EFECTO EN LA CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA

Se realizaron tratamientos a parámetros constantes con tres temperaturas (20; 24 y 28 ºC) y tres niveles de humedad relativa (30; 50 y 70 %). Las muestras fueron evaluadas por cinco meses luego de los cuales se observó que los tratamientos almacenados a 20 y 24 ºC presentaron ligera o ninguna muestra de eflorescencia grasa. Subramanian *et al.* (1999) reportaron que a temperaturas de 20 ºC los chocolates tardan en eflorescer entre 12 a 18 meses, mientras que Cebula y Ziegleder (1993) encontraron que a 5 ºC la eflorescencia se inhibe completamente ya que a esa temperatura no se da la recristalización de las formas de βV a βVI.

Las gráficas de los tratamientos T1A, T1B, T2A, T2B, T3A y T3B se muestran en la figura 6 y se construyeron con los valores de índice de blancura del cuadro 11. En la figura 6 se observa que las muestras presentaron un comportamiento lineal.

Se realizó el análisis de varianza para los tratamientos a temperatura de almacenamiento constante de 20 °C, donde a un 95 por ciento de probabilidad se demostró que existe diferencia significativa (p-valor = 0,04) entre las medias de los índices de blancura de los tratamientos T1A, T1B, T2A, T2B, T3A y T3B, con lo que se observó que la humedad tiene un efecto significativo en los tratamientos ensayados; sin embargo, como no se evidencio eflorescencia grasa en los tratamientos trabajados no se continuó con el análisis estadístico.

Por análisis de varianza se evidenció que a un 95 por ciento de probabilidad no existe diferencia significativa (p-valor = 0,08) entre las medias de los índices de blancura de los bloques A y B. Cabe mencionar que al analizar el gráfico de la figura 6 se observa que los valores experimentales tienden a conformar una función lineal.

Cuadro 11: Índice de Blancura (IB) experimental promedio para los tratamientos T1A, T2A, T3A, T1B, T2B y T3B.

TIEMPO (Horas)	T1A	T1B	T2A	T2B	T3A	T3B
0	30,0	28,8	29,0	28,5	29,2	29,0
240	30,3	29,2	28,3	28,1	28,6	28,3
456	30,0	28,9	28,6	28,5	29,4	29,1
648	30,1	28,9	32,4	32,4	32,8	28,3
816	28,9	27,8	28,8	28,8	29,3	28,8
984	29,0	27,8	27,5	27,5	28,1	27,8
1152	27,7	27,5	28,0	28,0	28,3	27,8
1320	28,9	27,8	31,7	31,7	32,2	31,8
1488	28,6	27,3	28,9	28,9	29,3	29,2
1680	29,4	28,2	28,9	28,9	29,3	28,9
1848	29,4	28,0	29,0	29,0	29,9	29,5
1968	28,6	27,5	29,0	29,0	29,9	29,5

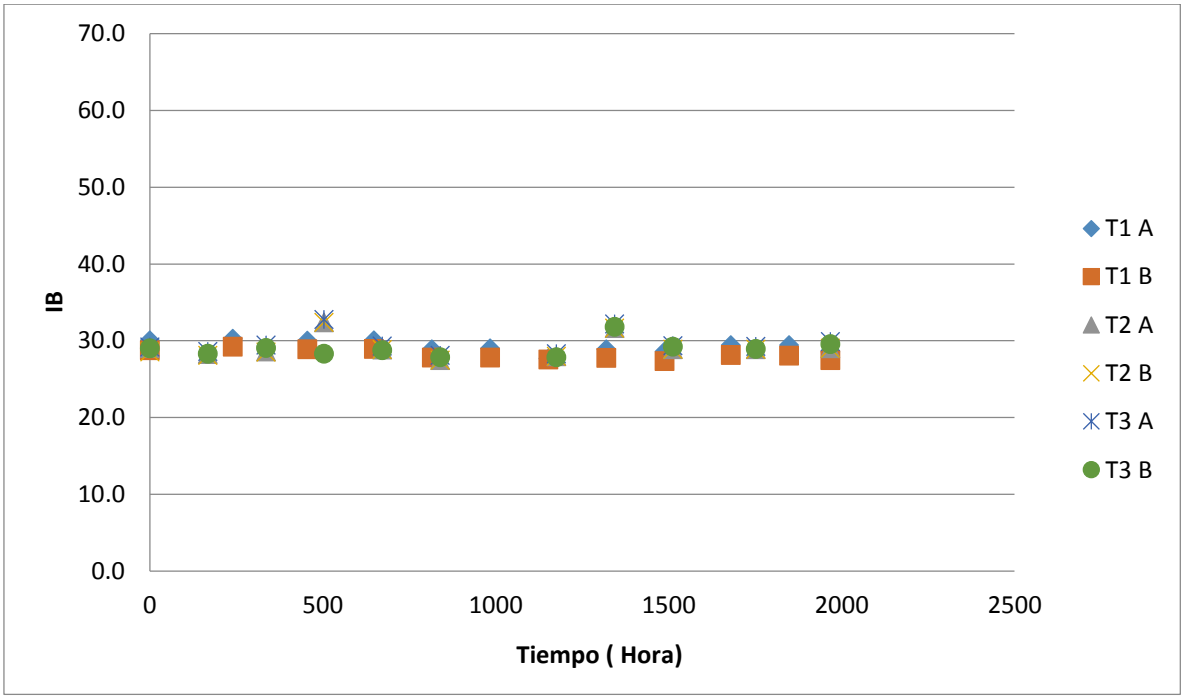


Figura 6: Cinética de eflorescencia grasa en dos tipos de chocolates A y B, expresado en Índice de Blancura (IB) con respecto al tiempo para los tratamientos T1, T2 y T3 para tres niveles de humedad relativa (30; 50 y 70 %) y 20 ºC de temperatura de almacenamiento.

Con los valores promedio de índice de blancura de los tratamientos del cuadro 12, se construyeron las gráficas de la figura 7 para los tratamientos T4A, T4B, T5A, T5B, T6A y T6B con almacenamiento a 24 °C y tres niveles de humedad relativa 30; 50 y 70 por ciento. Se observó un comportamiento similar a los tratamientos trabajados a 20 °C, en ambos casos no se presentó eflorescencia grasa hasta el término de la prueba equivalente a 3096 horas de almacenamiento.

Con una probabilidad del 95 por ciento se realizó el análisis de varianza de las medias de los índices de blancura para los tratamientos T4A, T4B, T5A, T5B, T6A y T6B a 24 °C de almacenamiento donde se determinó que existe diferencia significativa (p-valor=0,01) entre las medias del índice de blancura de los tratamientos ensayados; sin embargo, se observó que las muestras no eflorecieron y por ello no se podría concluir que la humedad relativa influyó en la eflorescencia de las muestras. Asimismo, se determinó que no existe diferencia significativa (p-valor= 0,11) entre los dos tipos chocolates siendo los bloques los chocolates A y B.

Cuadro 12: Índice de Blancura (IB) experimental promedio para los tratamientos T4A, T4B, T5A, T5B, T6A y T6B

TIEMPO	T4A	T4B	T5A	T5B	T6A	T6B
0	32,0	31,2	29,3	28,1	29,2	28,4
168	29,6	31,6	33,3	34,6	35,6	33,7
336	32,0	31,4	43,0	43,2	41,4	37,8
504	30,9	30,5	31,3	31,4	36,7	35,2
672	32,2	31,8	32,3	31,1	31,7	30,0
840	29,8	29,7	29,8	29,5	34,1	30,8
1176	29,0	28,7	29,9	30,3	34,1	30,8
1344	28,8	28,4	31,0	30,9	34,8	31,8
1488	28,8	28,4	31,7	30,7	35,8	33,1
1896	28,8	28,4	28,4	27,9	32,0	29,7
2184	28,8	28,4	30,4	30,5	35,0	31,9
2304	28,8	28,4	31,5	31,2	35,2	32,6
2472	28,8	28,4	29,1	29,2	33,6	30,8
2928	28,8	28,4	35,5	34,5	37,5	35,8
3096	28,8	28,4	30,2	29,5	33,5	31,2

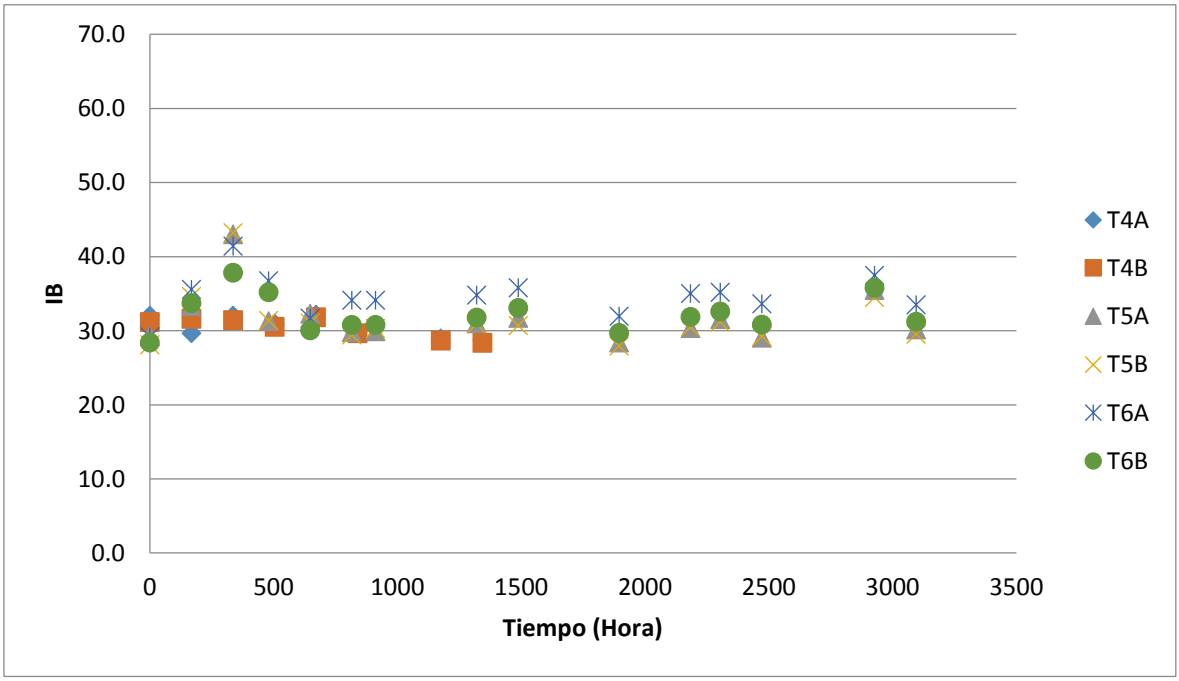


Figura 7: Cinética de eflorescencia grasa en dos tipos de chocolates A y B, expresado para los tratamientos T4, T5 y T6 en IB con respecto al tiempo para tres niveles de humedad relativa (30; 50 y 70 por ciento) y 24 °C de temperatura de almacenamiento.

Experimentalmente se evidenció que después de 5 meses de almacenamiento a temperaturas de 20 y 24 °C con tres niveles de humedad relativa 30; 50 y 70 por ciento no se evidencio presencia de eflorescencia grasa esto se debe que a los niveles de temperatura trabajados la eflorescencia grasa aparece después de los 12 meses de almacenamiento. Soriano (2010) manifiesta que el chocolate oscuro tiene un tiempo de vida útil de un año, mientras que la adición de otros insumos como nueces reduce ese tiempo de vida. Después de este periodo el chocolate experimenta cambios en su textura y color que disminuyen su calidad provocado por la migración de grasa a la superficie del chocolate, este fenómeno de eflorescencia puede producirse de forma acelerada si durante el proceso no se realizó un buen atemperado.

A las temperaturas de almacenamiento de 20 y 24 °C se evidencio que no se presenta eflorescencia grasa después de cinco meses de almacenamiento esto se debe que a las temperaturas de almacenamiento el fenómeno en estudio no se presenta o se presenta de forma retardada. Chica y Osorio (2003) definen que el chocolate oscuro debe almacenarse a temperatura entre 14 y 18 °C considerándose como óptima 15 °C. Deben evitarse las fluctuaciones bruscas de temperatura y humedad relativa, evitando de esta manera el cambio de la forma cristalina de la manteca de cacao. Entre 25 y 30 °C, la eflorescencia se produce. Entre 22 y 25 °C el chocolate se ablanda, se daña fácilmente y las partículas se adhieren a la superficie. Por encima de 25 °C comienza a deformarse y más allá de 32 °C a fundirse. En cuanto a la humedad relativa, si se produce condensación en la superficie, se disuelve el azúcar. Al evaporarse el agua, se produce la floración de azúcar, formándose una capa blanquecina que corresponde a los cristales del azúcar. El nivel de humedad relativa no debería exceder el 65 por ciento.

Para efectos de este estudio no se evidenció eflorescencia grasa a 20 °C de almacenamiento después de 5 meses de prueba; sin embargo, se revisó que Fraizer y Hartel (2012) reportaron eflorecencia grasa despues de 10 días de almacenamiento a 20 °C de temperatura, este fenómeno estuvo ligado a la composición de la fase grasa del producto. Fraizer y Hartel (2012) declaran que la composición de la manteca de cacao influye en la eflorescencia grasa, el autor reportó que galletas con 20 por ciento de contenido de manteca de palma en su masa y con inserciones de chocolate no presentaron eflorescencia grasa a 20 °C de almacenamiento durante 10 días de evaluación ya que durante la cocción la manteca de palma migró al chocolate cambiando la composición de la manteca de cacao y generando un efecto de inhibición de la eflorescencia grasa. El mismo estudio fue realizado con 14 por

ciento de contenido de manteca de palma en la masa de las galletas y las mismas condiciones de almacenamiento sin generar un efecto de inhibición.

Se evidenció que los tratamientos trabajados a 20 y 24 °C de temperatura no experimentaron eflorescencia grasa después de cinco meses de almacenamiento, se observó que los índices de blancura de los tratamientos tendieron a disminuir esto se debe que durante el almacenamiento los chocolates perdieron brillo que tiene una relación directa con el índice de blancura. Mexis *et al.* (2010) realizaron un estudio de calidad de envases en chocolates oscuros donde evaluaron la eflorescencia grasa como un indicador de deterioro. Los autores reportaron que las muestras de chocolate oscuro almacenadas a 20 °C presentaron eflorescencia grasa significativa después de cuatro meses; sin embargo, esta no presentó un crecimiento constante ya que se observó que hasta el segundo mes de evaluación la eflorescencia tendió a disminuir, un resultado similar se evidenció experimentalmente con la pérdida de brillo de la superficie del chocolate.

Se observó que durante el almacenamiento las muestras tienden a perder el brillo un comportamiento similar reportó Chire y Hartel (2011) donde evaluaron la eflorescencia grasa en chocolates oscuros con adición de diferentes emulsificantes para cada muestra y con distintas concentraciones, se utilizaron un método acelerado de 19 y 29 °C cada 6 horas por 100 días. Se evidenció que durante el almacenamiento las muestras eflorescieron; sin embargo, perdieron brillo el que se cuantificó en unidades de brillo (UB).

Las muestras almacenadas a 20 y 24 °C de temperatura que presentaron perdida de brillo durante el almacenamiento fue causada porque presentaron una variación en la rugosidad de la superficie Briones *et al.* (2006) evaluaron características físicas en chocolates como brillo expresado por L* y el índice de blancura (IB) en 6 muestras de chocolates preparadas a distintos niveles de rugosidad. Los autores reportaron que el brillo de los chocolates es afectado de forma directa por la rugosidad de su superficie, mientras más rugosa sea la superficie del chocolate menor será el brillo (L*) que presente ya que las superficies rugosas no reflejan de forma uniforme la luz.

La ausencia de eflorescencia grasa en los tratamientos a 20 y 24 °C de temperatura también puede estar influenciado al tamaño de partícula que presentan las muestras ya que al presentar tamaños de partícula más grande se forman poros dentro de la matriz del chocolate que facilita la difusión de manteca de cacao a la superficie. Afoakwa *et al.* (2009) analizaron

la eflorescencia grasa en chocolates oscuros a cuatro distintos tamaños de partícula y con atemperado deficiente. Los autores reportaron que los chocolates con mayor tamaño de partícula (50 µm) presentaron eflorescencia grasa de forma más acelerada en comparación a los de menor tamaño de partícula (15 µm) llegando a su máximo de floración a las 96 horas de almacenamiento. Los autores atribuyen este comportamiento a que el fenómeno predominante durante la eflorescencia fue el flujo capilar por los poros de la matriz del chocolate originados por las partículas; también de determinó que el brillo (UB) de los chocolates disminuye durante el almacenamiento a 18 °C y 50 por ciento de humedad relativa.

Dahlenborg *et al.* (2015) evaluaron la eflorescencia grasa en bombones a tres niveles de tamaño de partícula (15; 25 y 40 µm) de los sólidos no grasos. Los bombones se rellenaron con manteca de cacao al 73 por ciento y sustitutos para evaluar la migración de estas grasas. Los autores trabajaron a dos niveles de temperatura 20 y 23 °C encontrando que a las 12 semanas las muestras a 23 °C de almacenamiento ya habían presentado eflorescencia grasa mientras que las almacenadas a 20 °C no presentaban ese fenómeno; también se evidenció que después de 15 semanas las muestras con tamaño de partícula de 15 µm tuvieron mayor eflorescencia grasa. El comportamiento descrito por el autor donde los chocolates con menor tamaño de partícula presentaron la mayor eflorescencia grasa después de 15 semanas de almacenamiento puede ser explicado porque utilizaron unos rellenos con alto tenor graso (73 %) que generó un efecto mayor en la eflorescencia grasa.

En la figura 8 se observa las gráficas de eflorescencia grasa de las muestras almacenadas a 28 ºC que fueron construidas con los valores promedio de índice de blancura IB que se muestran en el cuadro 13. Las gráficas de los tratamientos T7A, T7B, T8A, T8B, T9A y T9B presentan un comportamiento similar a las obtenidas con el método acelerado, donde todos los tratamientos presentaron eflorescencia después de una semana de almacenamiento. Subramanian *et al.* (1999) reportaron que a 28 ºC de almacenamiento los chocolates eflorecen después de cuatro semanas de almacenamiento posiblemente debido a la composición de las muestras.

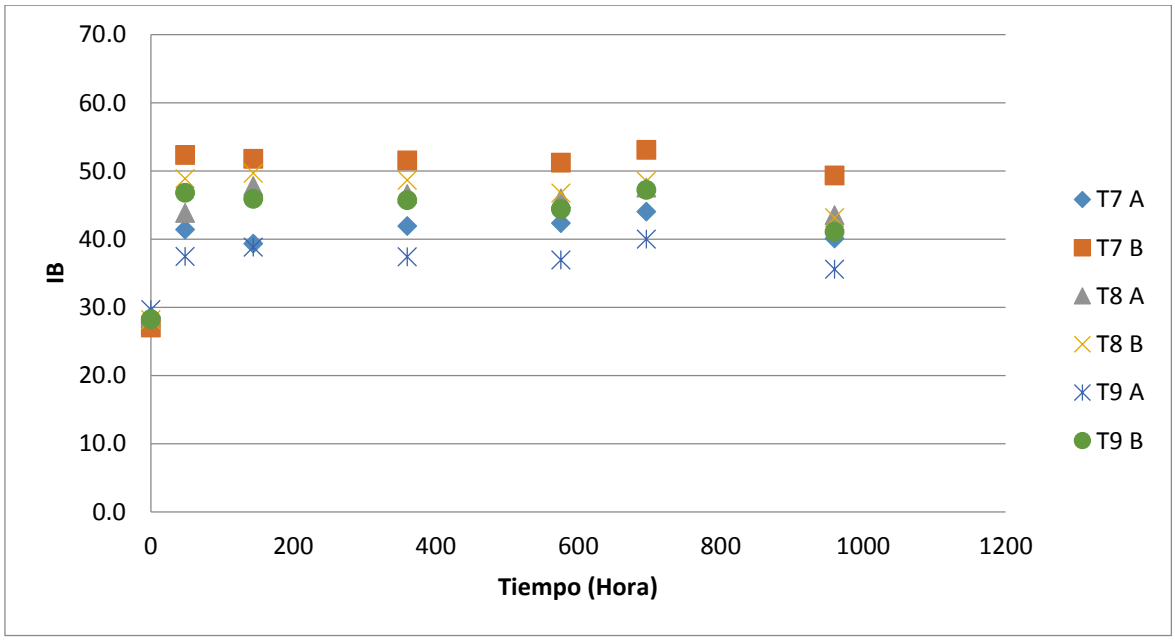


Figura 8: Cinética de eflorescencia grasa en dos tipos de chocolates A y B, expresado en IB con respecto al tiempo para los tratamientos T7, T8 y T9 para tres niveles de humedad relativa (30; 50 y 70 %) y 28°C de temperatura de almacenamiento.

Cuadro 13: Índice de Blancura (IB) experimental promedio para los tratamientos T7A, T7A, T8A, T8B, T9B y T9B

TIEMPO	T7A	T7B	T8A	T8B	T9A	T9B
0	28,7	27,0	28,6	28,2	29,7	28,3
48	41,4	52,4	43,8	48,9	37,5	46,8
144	39,4	51,8	47,8	49,7	38,8	45,9
360	41,9	51,6	46,6	48,7	37,4	45,7
576	42,4	51,3	46,0	46,8	37,0	44,4
696	44,1	53,1	47,6	48,5	40,0	47,2
960	40,1	49,4	43,5	43,2	35,6	41,1

Por análisis de varianza de los índices de blancura IB de los tratamientos T7A, T7B, T8A, T8B, T9A y T9B se determinó con una probabilidad del 95 por ciento que no existe diferencia significativa entre las medias del índice de blancura de los tratamientos comparados, al finalizar los tratamientos (p-valor = 0,34) y en el punto donde las gráficas cambian de tendencia de un crecimiento acelerado a una tendencia lineal (p-valor = 0,25). Se concluye que la humedad relativa no ejerció efecto en la eflorescencia grasa para los tratamientos evaluados.

Se observó que los tratamientos con temperatura de almacenamiento de 28 °C presentaron un comportamiento similar a los tratamientos trabajados con temperaturas cíclicas de almacenamiento con aparición del máximo índice de blancura después de la primera medición y luego presentaron un comportamiento constante. Alí (2001) evaluó chocolates con ciclos de 20 °C por 16 horas y 30 °C por 8 horas, también utilizó temperaturas constantes de almacenamiento de 18 °C donde reportó que no hubo eflorescencia después de ocho semanas de almacenamiento, mientras que a 30 °C las muestras eflorescieron a la segunda semana de almacenamiento. El autor mencionó que a 30 °C de temperatura la migración de grasa hacia la superficie se incrementa en el tiempo hasta llegar a un equilibrio. Este fenómeno que se observó experimentalmente y también mencionado por el autor es explicado que ha 28 y 30 °C las muestras presentan alto porcentaje de la materia grasa en fase liquida que migra a la superficie ocasionando que las muestras presenten su máximo índice de blancura.

4.3 MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE LA CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA

Para el modelamiento matemático de la cinética de eflorescencia para el método acelerado, considerando lo reportado por Dahlenborg (2014) que explica la eflorescencia grasa como un fenómeno de migración de esta a través del producto hasta la superficie hasta conseguir el equilibrio, así como por las gráficas (figuras 3;4;5;6;7 y 8) obtenidas en esta investigación donde el IB crece exponencialmente en las primeras horas de almacenamiento bajo las condiciones del método acelerado para luego mantenerse constante, se aplicó la ecuación utilizada para calcular la ganancia de agua en alimentos (Labuza 1982) que lo hacen de forma exponencial hasta llegar a una humedad de equilibrio, donde el alimento mantiene su humedad constante según la humedad relativa que esté presente, la forma de la ecuación exponencial invertida de Labuza (1982) y la similitud en relación a su comportamiento de ,un crecimiento acelerado al inicio y luego una tendencia lineal, que tiene con la cinética de eflorescencia grasa como lo indica las gráficas.

En base a la similitud del comportamiento de la gráfica de ganancia de agua y la cinética de eflorescencia grasa, se adaptó la ecuación exponencial invertida descrita por Labuza (1982) ajustándola a la cinética de eflorescencia grasa. Según Labuza (1982) la curva del tipo exponencial invertida está representada por la ecuación de ganancia en el tiempo:

$$\text{Ln}\left(\frac{mi-me}{m-me}\right) = \left(\frac{P}{X}\right)*\left(\frac{A}{Ws}\right)*\left(\frac{po}{b}\right)*\theta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

Que también puede expresarse como:

$$m = me-(me-mi)e^{-\left(\frac{P}{X}\right)*\left(\frac{A}{Ws}\right)*\left(\frac{po}{b}\right)*\theta} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1.1)$$

Donde:

me, humedad de equilibrio ($g_{H2O}/g_{sólido}$)

mi, humedad inicial ($g_{H2O}/g_{sólido}$)

m, humedad esperada ($g_{H2O}/g_{sólido}$)

po, presión parcial del vapor del agua (cmHg)

A, área de contacto con el medio ambiente (m^2)

Ws, peso seco del producto (g)

P, constante de permeabilidad ($gm^{-2}dia^{-1}$)

X, espesor del empaque (m)

b, pendiente

θ, tiempo (horas)

Para realizar la adopción de la ecuación (1.1) de la curva de ganancia de agua de Labuza (1982), a la cinética de eflorescencia grasa se reemplazó en la ecuación (1.1) los valores de ganancia de humedad (*m*) por el índice de blancura (IB). Los valores po, A, Ws, P, X y b fueron considerados como el factor K en unidades h^{-1}. Los valores de K fueron obtenidos tabulando los resultados reales en el programa Microsoft® Excel®.

Se asumió que el IBf índice de blancura final le corresponde a la manteca de cacao, cuando las muestras llegaron al equilibrio. El IBo es el índice de blancura inicial que se obtuvo del promedio de los valores de IB recogidos al inicio de la prueba.

Los resultados de índice de blancura fueron modelados en la siguiente ecuación que es la ecuación (1.1) descrita por Labuza (1982) y adaptada para determinar el IB en la cinética de eflorescencia grasa:

$$IB=IBf-(IBf-IBi)e^{-k\theta} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Donde;

IB, es el índice de blancura esperado.

IBf, el máximo índice de blancura esperado.

IBi, índice de blancura inicial.

θ, es el tiempo en horas.

K, es la constante de reacción de la eflorescencia grasa en unidades de $(horas)^{-1}$.

Despejando la constante K:

$$K = \left(-\frac{1}{\theta}\right) * Ln\left(\frac{IBf - IBi}{IB - IBi}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Se despejó el valor de K y se tabuló con los datos experimentales, luego se sacó el promedio de los valores de K teórica/calculada que son los indicados en el cuadro 14. Se asumió como IBf el que corresponde a la manteca de cacao (IB=60,9) ya que este valor representa una asíntota al calcular los valores de IB y por último los valores de IBo se obtuvieron del promedio del IB obtenido al iniciar la prueba para cada tratamiento como se indica en el cuadro 14.

Galdaméz *et al.* (2008) propusieron un modelo matemático para describir y entender mejor el fenómeno de eflorescencia grasa, los autores mencionan que este fenómeno se da principalmente por difusión de la manteca de cacao u otros sustitutos que están presentes en el chocolate dentro de su matriz; sin embargo, la difusión explicada por la segunda ley de Fick no la explica completamente ya que asume un coeficiente de difusividad constante. Lo planteado por los autores es determinar la difusividad efectiva para el chocolate la que está condicionada por la cantidad de materia grasa en fase líquida y el tamaño de partícula de estas. Experimentalmente se observó que la ecuación de ganancia de agua adaptada a la eflorescencia grasa describe el fenómeno estimado por el índice de blancura.

Cuadro 14: Elementos de la curva de cinética de eflorescencia grasa para el método acelerado

TRATAMIENTO	CHOCOLATE A			CHOCOLATE B		
	IBf	IBi	K(h^{-1})	IBf	IBi	K(h^{-1})
C1	60,9	28,6	0,005	60,9	27,9	0,006
C2	60,9	29,0	0,002	60,9	28,0	0,003
C3	60,9	28,9	0,006	60,9	28,2	0,005
P1	60,9	28,8	0,000	60,9	28,6	0,001
P2	60,9	30,9	0,000	60,9	28,9	0,001
P3	60,9	29,6	0,000	60,9	29,1	0,000
M1	60,9	28,8	0,006	60,9	27,4	0,008
M2	60,9	28,4	0,004	60,9	27,4	0,005
M3	60,9	28,8	0,004	60,9	27,3	0,004

En el cuadro 14 se observa que los tratamientos P1A, P2A, P3A y P3B obtuvieron valores de K=0,000 (h^{-1}) esto se debe a que presentaron un comportamiento lineal donde el factor K es muy pequeño. En el cuadro 15 se presentan los elementos de la curva que describe la cinética de eflorescencia grasa para el método a temperatura constante.

Cuadro 15: Elementos de la curva de cinética de eflorescencia grasa para el método de temperatura constante

TRATAMIENTO	CHOCOLATE A			CHOCOLATE B		
	IBf	IBi	K(h^{-1})	IBf	IBi	K(h^{-1})
T1	60,9	30,0	0,000	60,9	28,8	0,000
T2	60,9	29,0	0,000	60,9	28,5	0,000
T3	60,9	29,2	0,000	60,9	29,0	0,000
T4	60,9	32,0	0,000	60,9	31,2	0,000
T5	60,9	29,3	0,000	60,9	28,1	0,001
T6	60,9	29,2	0,000	60,9	28,4	0,001
T7	60,9	28,7	0,011	60,9	27,0	0,011
T8	60,9	28,6	0,004	60,9	28,2	0,019
T9	60,9	29,7	0,002	60,9	28,3	0,015

Cuadro 16: Coeficiente de determinación para cada tratamiento considerando las medias de los valores de K

TRATAMIENTO	CHOCOLATE A			CHOCOLATE B		
	r2	**P-Valor**	K(h^{-1})	**r2**	**P-Valor**	K(h^{-1})
C1	0,800	p > 0,05	0,005	0,684	p > 0,05	0,006
C2	0,638	p > 0,05	0,002	0,324	p < 0,05	0,003
C3	0,423	p > 0,05	0,006	0,164	p < 0,05	0,005
P1	0,510	p < 0,05	0,000	0,339	p < 0,05	0,001
P2	0,541	p < 0,05	0,000	0,392	p < 0,05	0,001
P3	0,169	p < 0,05	0,000	0,036	p < 0,05	0,000
M1	0,697	p > 0,05	0,006	0,643	p > 0,05	0,008
M2	0,362	p < 0,05	0,004	0,206	p < 0,05	0,005
M3	0,856	p < 0,05	0,004	0,057	p < 0,05	0,004
T1	0,310	p < 0,05	0,000	0,539	p < 0,05	0,000
T2	0,179	p < 0,05	0,000	0,070	p < 0,05	0,000
T3	0,005	p < 0,05	0,000	0,106	p < 0,05	0,000
T4	0,472	p < 0,05	0,000	0,760	p > 0,05	0,000
T5	0,068	p < 0,05	0,001	0,082	p < 0,05	0,001
T6	0,000	p < 0,05	0,000	0,003	p < 0,05	0,001
T7	0,700	p > 0,05	0,011	0,894	p > 0,05	0,011
T8	0,884	p > 0,05	0,004	0,722	p > 0,05	0,019
T9	0,198	p < 0,05	0,002	0,630	p > 0,05	0,015

4.4 ESCALAMIENTO DE LAS GRÁFICAS DE LA CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA

Según Prieto *et al.* (2012) para tener una buena correlación entre los datos modelados el coeficiente de determinación (r^2) debe ser mayor a 0,85. Debido a que los valores del coeficiente de determinación para cada tratamiento fueron menores a 0,85 (cuadro 16), se procedió a realizar un escalamiento gráfico con distintos valores del factor K utilizando el *software* Excel® 2007 y la opción *ridge regression* del programa *STATGRAPHIC CENTURION* 16.1® donde se relacionó los IB reales e IB esperados para cada tratamiento, para obtener el valor de K calculada que mejor modele la cinética de eflorescencia grasa para

cada tratamiento. Los valores de la constante de reacción de eflorescencia grasa K para los tratamientos después del modelamiento matemático se les denominó K1 y luego del escalamiento K2.

Para determinar el valor de K calculada con el que se obtenga el valor más alto de r^2 se tomó en cuenta dos criterios: que la gráfica teórica se sobreponga a la gráfica experimental y que el coeficiente de determinación sea mayor a 0,90. Adicional al escalamiento se aplicó el VNSC a cada tratamiento para determinar el valor de IB correspondiente al punto de inflexión.

Para determinar el coeficiente de determinación (r^2) de cada tratamiento se utilizó la herramienta *RIGDE REGRESSION* de paquete estadístico *STATGRAPHIC CENTURION* 16.1® donde se encontró la correspondencia entre los datos experimentales y teóricos para cada tratamiento. Briones y Aguilera (2005) caracterizaron las propiedades físicas de un chocolate de leche como índice de blancura (IB), brillo (UB), luminosidad L*, valores de a* y b*, porcentaje de eflorescencia, *hue* y el *chroma*, las que fueron calculadas por el *software* Matlab® para determinar la correlación con los datos obtenidos por métodos clásicos. Los autores determinaron la correlación entre los resultados obtenidos por el colorímetro Hunterlab® y obtenidos por el análisis de imágenes por computadora (*software* Matlab®) utilizando la opción regresión simple del paquete estadístico *STATGRAPHIC CENTURION* 16.1® donde se relacionó estos dos resultados. El coeficiente de determinación fue utilizado como indicador para evaluar la correlación entre los dos métodos de medición.

4.4.1 ESCALAMIENTO Y VNSC (VARIACIÓN NO SIGNIFICATIVO EN CINÉTICA) PARA EL MÉTODO ACELERADO CON CICLOS DE 30 ± 1 ºC (8 HORAS) Y 20 ± 1 ºC (16 HORAS) CON HUMEDADES RELATIVAS DE 50, 70 Y 90 POR CIENTO

Se observó que las gráficas con el K2 que corresponde a la constante de reacción de la eflorescencia grasa después de ser escaladas, se ajustan mejor a las obtenidas experimentalmente a diferencia de las gráficas obtenidas por modelamiento matemático que utilizaron un K1 para los tratamientos C1A (figura 9), C1B (figura 10), C2A (figura 11), C2B (figura 12), C3A (figura 13) y C3B (figura 14). Esto se debe a que el promedio de los K obtenidos no explicaron el comportamiento de la cinética de eflorescencia grasa, además ningún tratamiento llegó a valores de IB máximo de 60,9 como se asumió en el

modelamiento. En el cuadro 53 se observa que los tratamientos C1, C2 y C3 del bloque A tienen $r^2 > 0,90$ y los tratamientos C1 y C2 del bloque B tienen $r^2 > 0,90$.

Para cada tratamiento se aplicó el VNSC, obteniéndose primero el análisis de varianza ANVA con el que se determinó la existencia de diferencias significativas (p-valor < 0,05) entre las medias de los IB para todos los valores de tiempo que forman la gráfica de los tratamientos C1A (cuadro 17), C1B (cuadro 18), C2A (cuadro 19), C2B (cuadro 20), C3A (cuadro 21) y C3B (cuadro 22). De lo anterior se confirma que hubo eflorescencia grasa utilizando ciclos con temperatura máxima de 30 °C.

Determinada las diferencias significativas con el ANVA se procedió a determinar el punto donde las gráficas cambian de sentido de un crecimiento acelerado a un comportamiento lineal, para ello se aplicó la prueba de comparación de Tukey como parte del análisis de VNSC, cuyos resultados se presentan en la siguiente relación tratamiento C1A (cuadro 17), C1B (cuadro 18), C2A (cuadro 19), C2B (cuadro 20), C3A (cuadro 21) y C3B (cuadro 22). En estos cuadros se observa que los tratamientos presentaron la mayor variación de IB después de la primera medición equivalente a 48 horas de almacenamiento o dos ciclos.

En los tratamientos almacenados a 90 por ciento de humedad relativa (C3A y C3B) difieren de los demás, como se muestran en las figuras 13 y 14 respectivamente, al presentar luego de la primera medición variación no significativa en las sucesivas. Esto se debe a la presencia de mohos en la superficie de las muestras por la alta humedad relativa del ambiente.

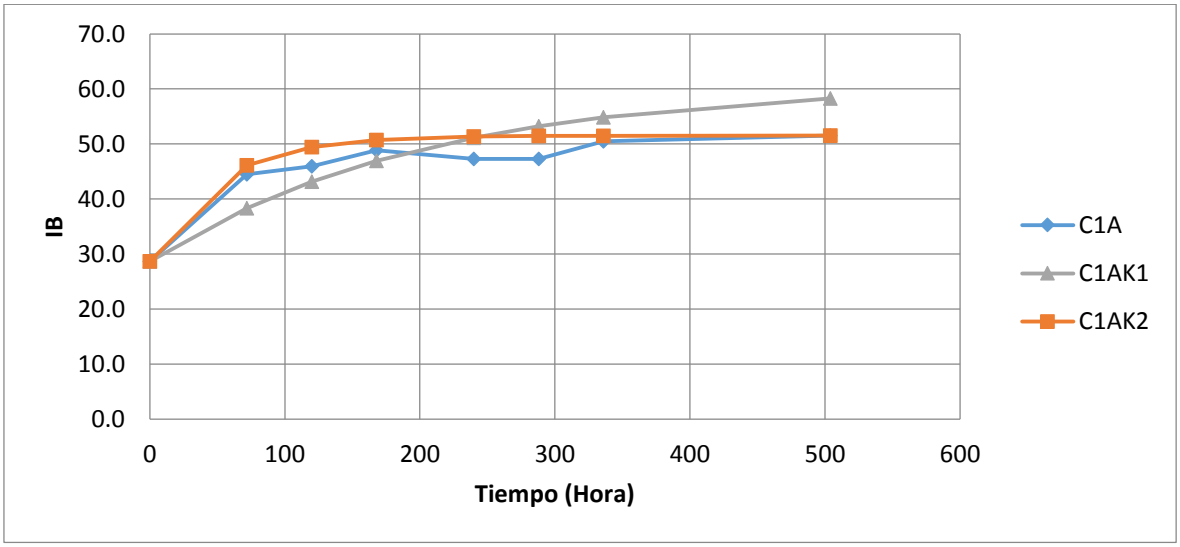


Figura 9: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento C1A.

Cuadro 17: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento C1A

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	7	5951,9	850,2	181,3	0,00
Error	120	562,5	4,6		
Total	127	6514,3			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T8 - T7	1,0	1,0	2,36	NS
T7 - T6	3,2	3,2	2,36	S
T6 - T5	0,0	0,0	2,36	NS
T5 - T4	-2,6	2,6	2,36	NS
T4 - T3	3,9	3,9	2,36	S
T3 - T2	1,5	1,5	2,36	NS
T2 - T1	15,9	15,9	2,36	S

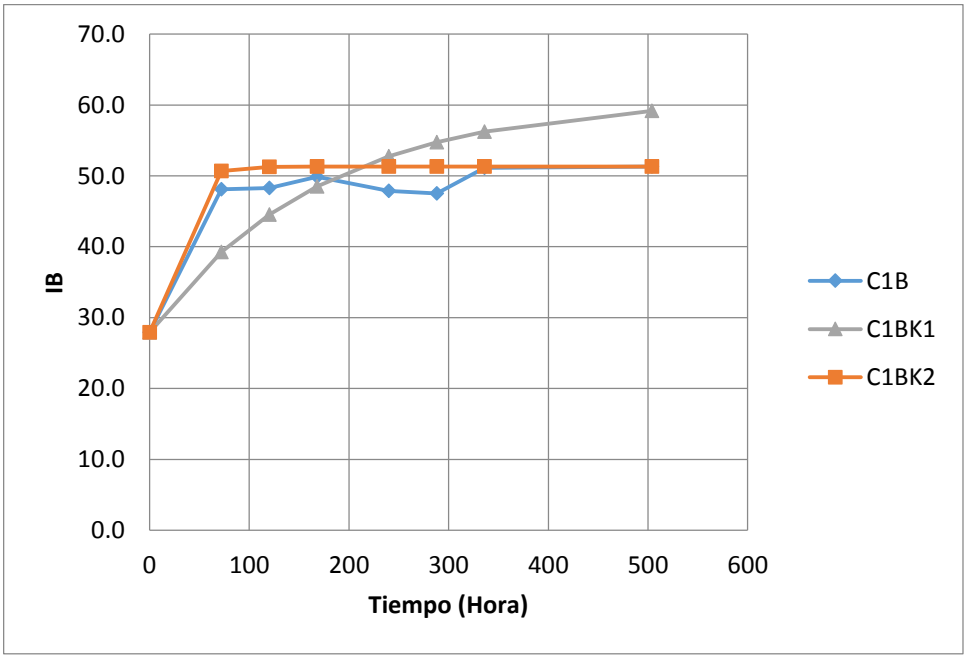


Figura 10: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento C1B.

Cuadro 18: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento C1B

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	7	6454,6	922,0	1010,3	0,00
Error	120	109,5	0,9		
Total	127	6564,1			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T8 - T7	0,2	0,2	1,04	NS
T7 - T6	3,6	3,6	1,04	S
T6 - T5	-0,4	0,4	1,04	NS
T5 - T4	-1,0	1,0	1,04	NS
T4 - T3	0,5	0,5	1,04	NS
T3 - T2	0,2	0,2	1,04	NS
T2 - T1	20,2	20,2	1,04	S

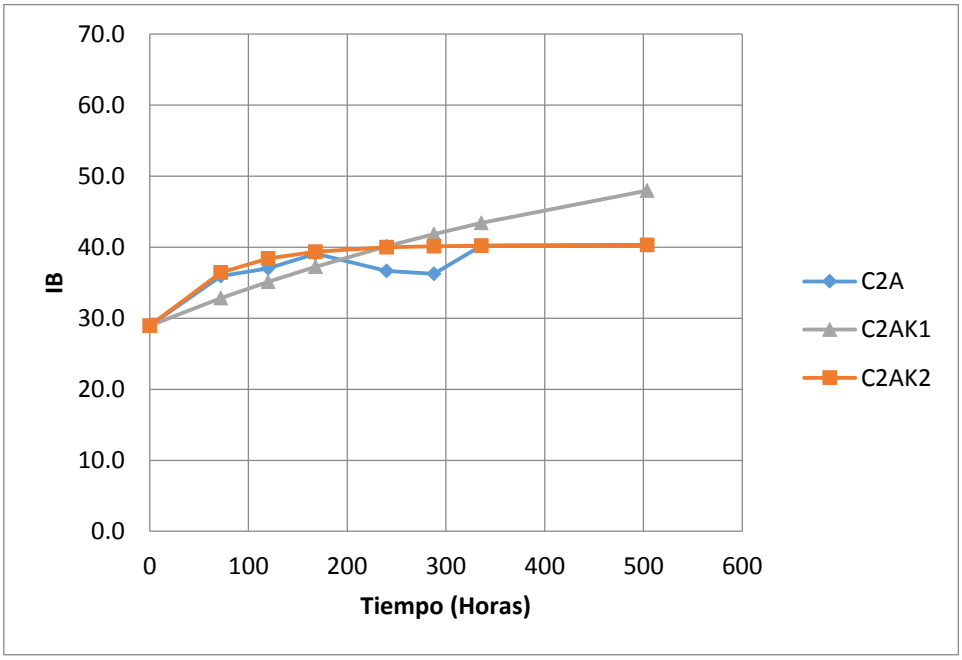


Figura 11: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento C2A.

Cuadro 19: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento C2A

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	7	1469,7	209,9	52,5	0,00
Error	120	479,7	3,9		
Total	127	1949,4			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T8 - T7	0,1	0,1	2,18	NS
T7 - T6	4,0	4,0	2,18	S
T6 - T5	-0,4	0,4	2,18	NS
T5 - T4	-2,4	2,4	2,18	S
T4 - T3	2,1	2,1	2,18	NS
T3 - T2	1,1	1,1	2,18	NS
T2 - T1	7,0	7,0	2,18	S

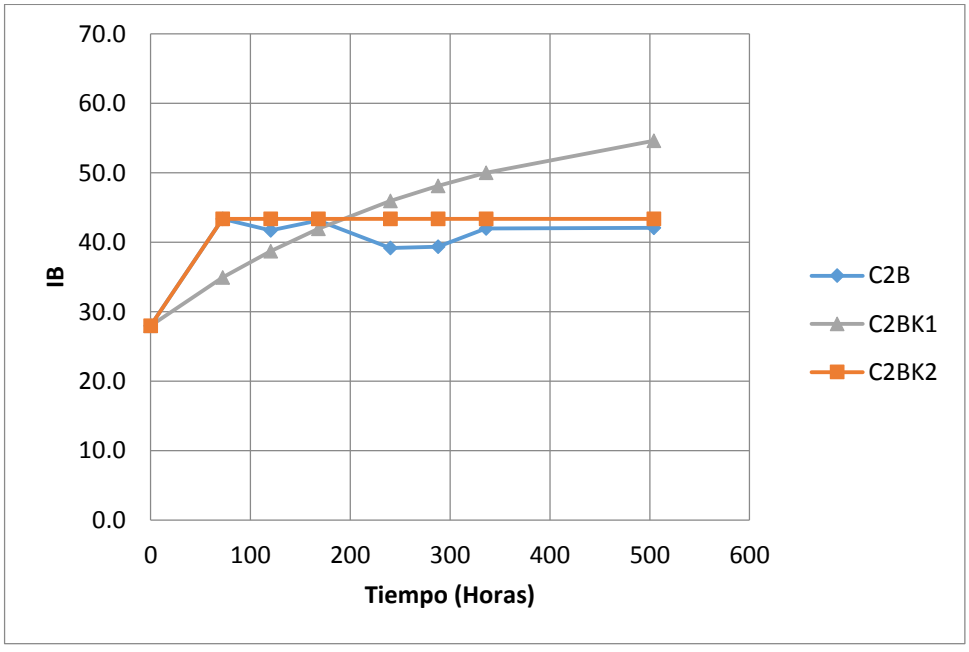


Figura 12: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento C2B.

Cuadro 20: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento C2B

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	7	2847,0	406,7	177,8	0,00
Error	120	274,5	2,2		
Total	127	3121,5			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T8 - T7	0,1	0,1	1,65	NS
T7 - T6	2,6	2,6	1,65	S
T6 - T5	0,2	0,2	1,65	NS
T5 - T4	-4,0	4,0	1,65	S
T4 - T3	1,4	1,4	1,65	NS
T3 - T2	-1,6	1,6	1,65	NS
T2 - T1	15,4	15,4	1,65	S

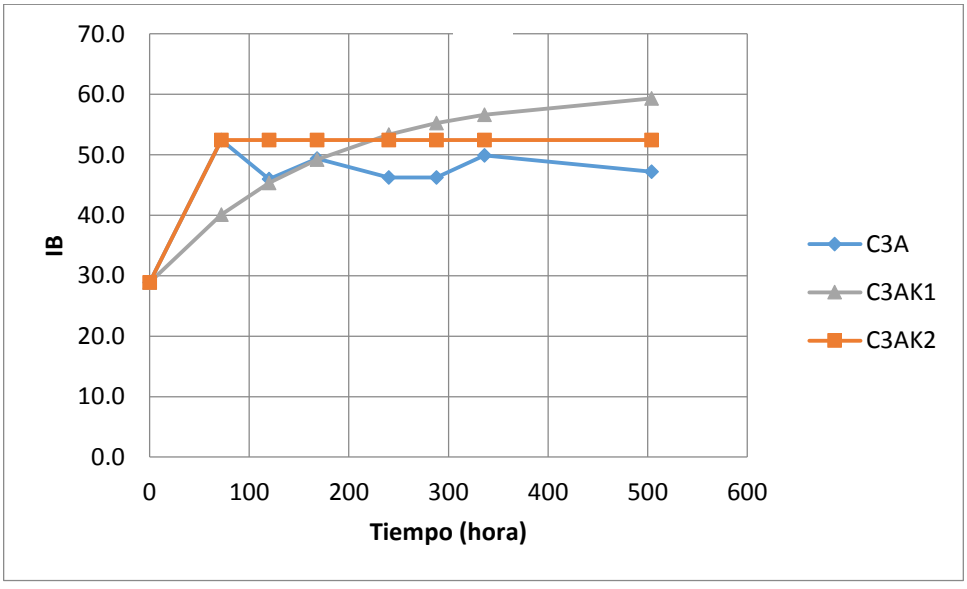


Figura 13: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento C3A.

Cuadro 21: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento C3A.

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	7	5797,7	828,2	407,6	0,00
Error	120	243,8	2,0		
Total	127	6041,5			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T8 - T7	-2,7	2,7	0,55	S
T7 - T6	3,7	3,7	0,55	S
T6 - T5	0,0	0,0	0,55	NS
T5 - T4	-3,1	3,1	0,55	S
T4 - T3	3,4	3,4	0,55	S
T3 - T2	-6,5	6,5	0,55	S
T2 - T1	23,6	23,6	0,55	S

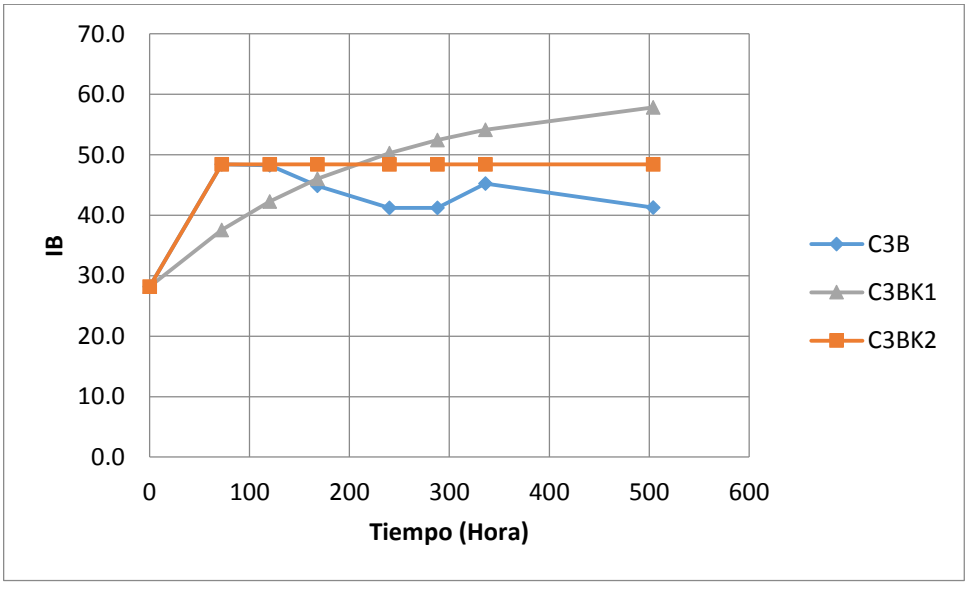


Figura 14: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento C3B.

Cuadro 22: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento C3B

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	7	4663,9	666,2	450,6	0,00
Error	120	177,4	1,4		
Total	127	4841,3			

Diferencia	Valor	Valor Absoluto	HSD	S/NS
T8 - T7	-4,0	4,0	0,47	S
T7 - T6	4,0	4,0	0,47	S
T6 - T5	0,0	0,0	0,47	S
T5 - T4	-3,6	3,6	0,47	S
T4 - T3	-3,4	3,4	0,47	S
T3 - T2	-0,1	0,1	0,47	NS
T2 - T1	20,3	20,3	0,47	S

4.4.2 ESCALAMIENTO Y VNSC (VARIACIÓN NO SIGNIFICATIVA EN CINÉTICA) PARA EL MÉTODO ACELERADO CON CICLOS DE 28 ± 1ºC (8 HORAS) Y 20 ± 1ºC (16 HORAS) CON 30; 50 Y 70 POR CIENTO DE HUMEDAD RELATIVA

Se observó que las gráficas con la constante de reacción de cinética de eflorescencia grasa K2 después de ser escaladas, se ajustan mejor a las obtenidas experimentalmente K1 después del modelamiento matemático para los tratamientos P1A (figura 15), P1B (figura 16), P2A (figura 17), P2B (figura 18), P3A (figura 19) y P3B (figura 20). Sin embargo, en el cuadro 99 se observa que los valores de los coeficientes de determinación para estos tratamientos fueron menores a 0,90. Esto podría deberse a que la temperatura máxima de almacenamiento fue 28 °C, lo que retardo la eflorescencia de las muestras en comparación a los tratamientos anteriores que fueron con 30 °C de temperatura máxima.

Para cada tratamiento se aplicó el VNSC, obteniéndose primero el análisis de varianza ANVA con el que se determinó la existencia de diferencias significativas (p-valor < 0,05) entre las medias de los IB para todos los valores de tiempo que forman la gráfica de los tratamientos P1A (cuadro 23), P1B (cuadro 24), P2A (cuadro 25), P2B (cuadro 26), P3A

(cuadro 27) y P3B (cuadro 28). De lo anterior se confirma que hubo eflorescencia grasa utilizando ciclos con temperatura máxima de 28 °C, sin embargo, gráficamente se observó que las muestras no llegaron a su IB final.

Determinada las diferencias significativas con el ANVA se procedió a determinar el punto donde la gráfica cambia de sentido de un crecimiento acelerado a un comportamiento lineal, para ello se aplicó la prueba de comparación de Tukey como parte del análisis de VNSC, para los tratamientos P1A (cuadro 23), P1B (cuadro 24), P2A (cuadro 25), P2B (cuadro 26), P3A (cuadro 27) y P3B (cuadro 28). El tratamiento P1A que presentó variaciones significativas, sin embargo, gráficamente presentó (Figura 15) el mismo comportamiento de eflorescencia retardada.

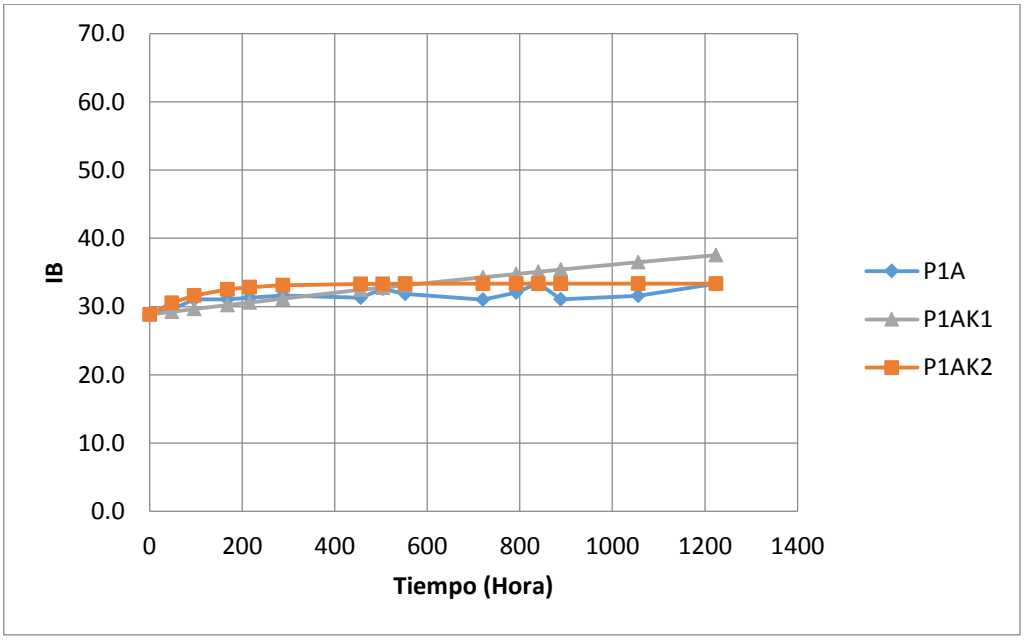


Figura 15: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento P1A.

Cuadro 23: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento P1A

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	14	331,1	23,6	308,3	0,00
Error	225	17,3	0,1		
Total	239	348,4			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T15 - T14	1,8	1,8	0,33	S
T14 - T13	0,5	0,5	0,33	S
T13 - T12	-2,4	2,4	0,33	S
T12 - T11	1,4	1,4	0,33	S
T11 - T10	1,0	1,0	0,33	S
T10 - T9	-0,9	0,9	0,33	S
T9 - T8	-0,7	0,7	0,33	S
T8 - T7	1,5	1,5	0,33	S
T7 - T6	-0,5	0,5	0,33	S
T6 - T5	0,4	0,4	0,33	S
T5 - T4	0,2	0,2	0,33	NS
T4 - T3	0,0	0,0	0,33	NS
T3 - T2	1,5	1,5	0,33	S
T2 - T1	0,7	0,7	0,33	S

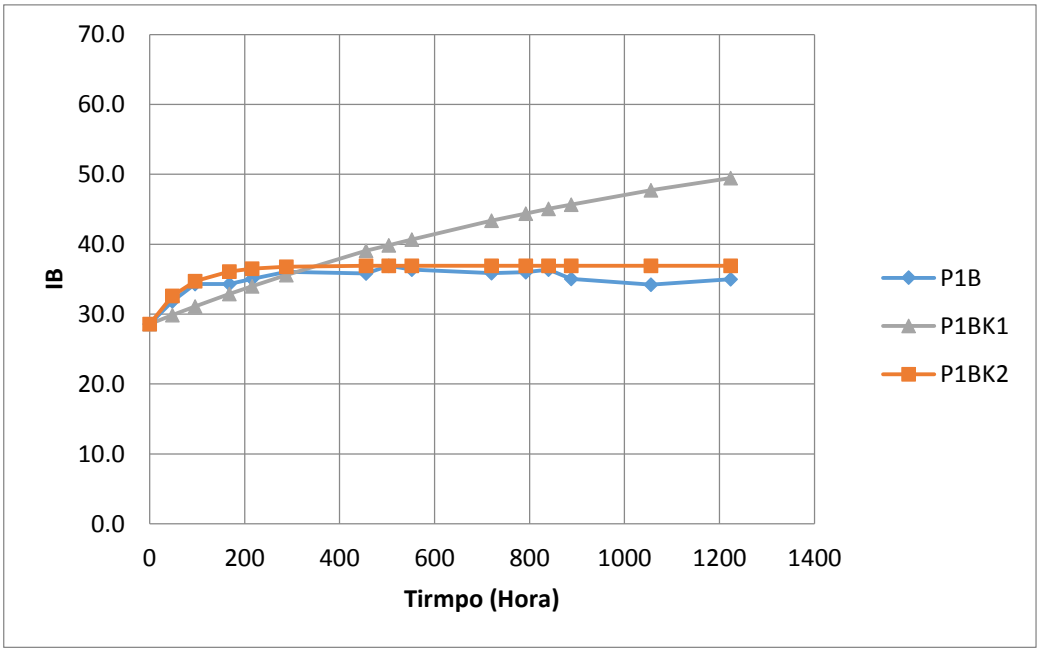


Figura 16: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento P1B.

Cuadro 24: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento P1B

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	14	1005,6	71,8	2,3	0,00
Error	225	6933,5	30,8		
Total	239	7939,1			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T15 - T14	0,8	0,8	6,58	NS
T14 - T13	-0,8	0,8	6,58	NS
T13 - T12	-1,3	1,3	6,58	NS
T12 - T11	0,4	0,4	6,58	NS
T11 - T10	0,1	0,1	6,58	NS
T10 - T9	-0,5	0,5	6,58	NS
T9 - T8	-0,6	0,6	6,58	NS
T8 - T7	1,2	1,2	6,58	NS
T7 - T6	-0,3	0,3	6,58	NS
T6 - T5	1,0	1,0	6,58	NS
T5 - T4	0,7	0,7	6,58	NS
T4 - T3	0,0	0,0	6,58	NS
T3 - T2	2,5	2,5	6,58	NS
T2 - T1	3,2	3,2	6,58	NS

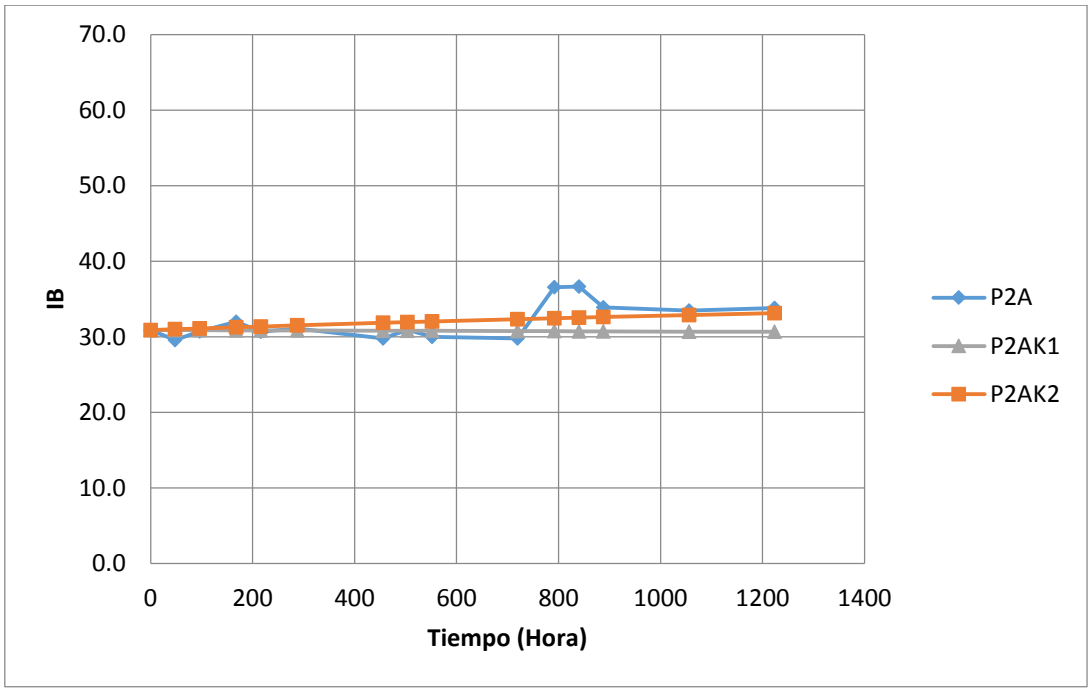


Figura 17: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento P2A.

Cuadro 25: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento P2A

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	14	1260,6	90,0	42,8	0,00
Error	225	472,3	2,0		
Total	239	1732,9			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T15 - T14	0,3	0,3	1,72	NS
T14 - T13	-0,4	0,4	1,72	NS
T13 - T12	-2,7	2,7	1,72	S
T12 - T11	0,1	0,1	1,72	NS
T11 - T10	6,8	6,8	1,72	S
T10 - T9	-0,2	0,2	1,72	NS
T9 - T8	-0,9	0,9	1,72	NS
T8 - T7	1,3	1,3	1,72	NS
T7 - T6	-1,5	1,5	1,72	NS

«continuación»

T6 - T5	0,4	0,4	1,72	NS
T5 - T4	-1,3	1,3	1,72	NS
T4 - T3	1,3	1,3	1,72	NS
T3 - T2	1,1	1,1	1,72	NS
T2 - T1	-1,3	1,3	1,72	NS

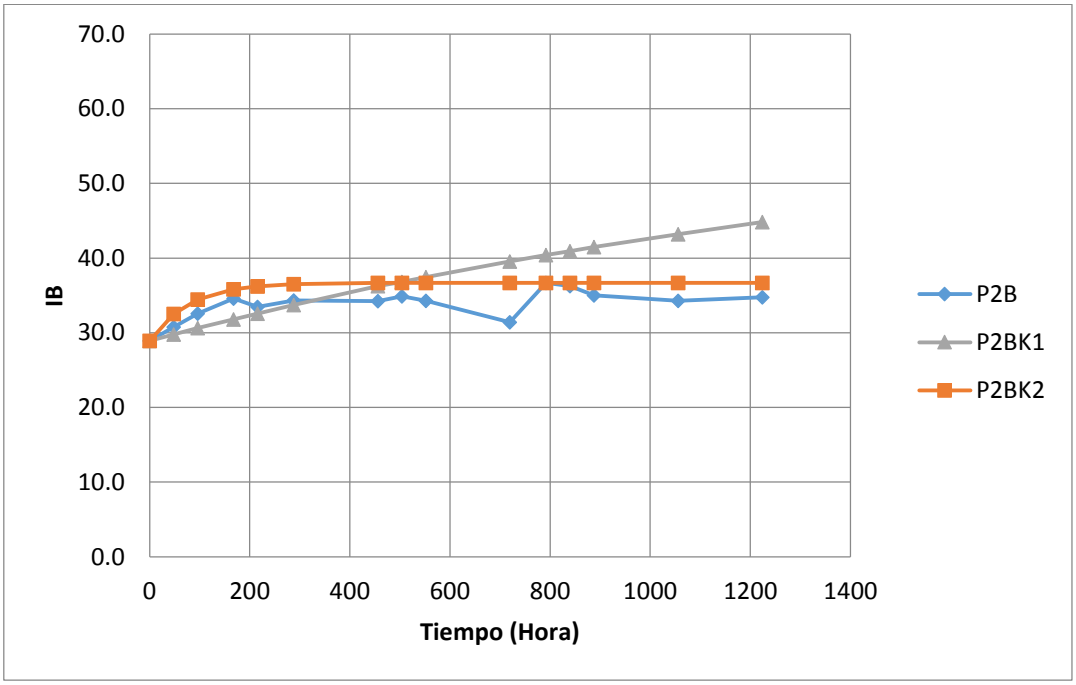


Figura 18: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento P2B.

Cuadro 26: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento P2B

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	14	952,1	68,0	4,6	0,00
Error	225	3324,8	14,7		
Total	239	4276,9			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T15 - T14	0,4	0,4	4,56	NS
T14 - T13	-0,7	0,7	4,56	NS
T13 - T12	-1,3	1,3	4,56	NS
T12 - T11	-0,4	0,4	4,56	NS
T11 - T10	5,3	5,3	4,56	NB
T10 - T9	-2,9	2,9	4,56	NS
T9 - T8	-0,6	0,6	4,56	NS
T8 - T7	0,8	0,8	4,56	NS
T7 - T6	-0,2	0,2	4,56	NS
T6 - T5	0,8	0,8	4,56	NS
T5 - T4	-1,1	1,1	4,56	NS
T4 - T3	2,0	2,0	4,56	NS
T3 - T2	1,8	1,8	4,56	NS
T2 - T1	1,8	1,8	4,56	NS

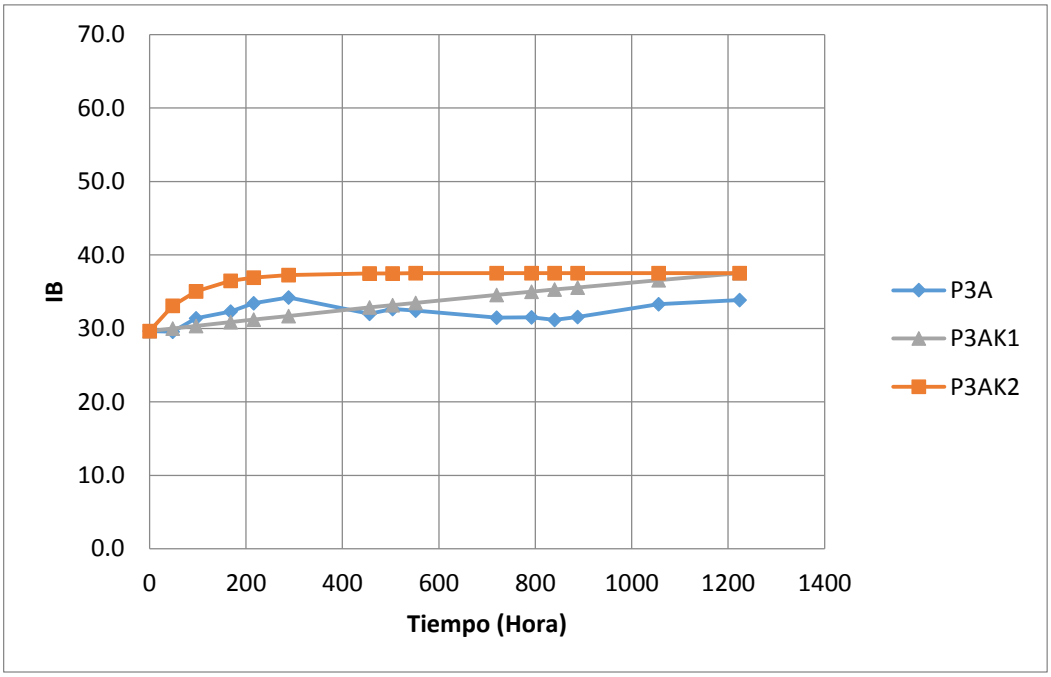


Figura 19: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento P3A.

Cuadro 27: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento P3A

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	14	421,2	30,0	6,5	0,00
Error	225	1028,1	4,5		
Total	239	1449,4			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T15 - T14	0,6	0,6	2,53	NS
T14 - T13	1,7	1,7	2,53	NS
T13 - T12	0,4	0,4	2,53	NS
T12 - T11	-0,3	0,3	2,53	NS
T11 - T10	0,0	0,0	2,53	NB
T10 - T9	-0,9	0,9	2,53	NS
T9 - T8	-0,2	0,2	2,53	NS
T8 - T7	0,7	0,7	2,53	NS
T7 - T6	-2,3	2,3	2,53	NS
T6 - T5	0,8	0,8	2,53	NS
T5 - T4	1,1	1,1	2,53	NS
T4 - T3	0,9	0,9	2,53	NS
T3 - T2	1,8	1,8	2,53	NS
T2 - T1	-0,1	0,1	2,53	NS

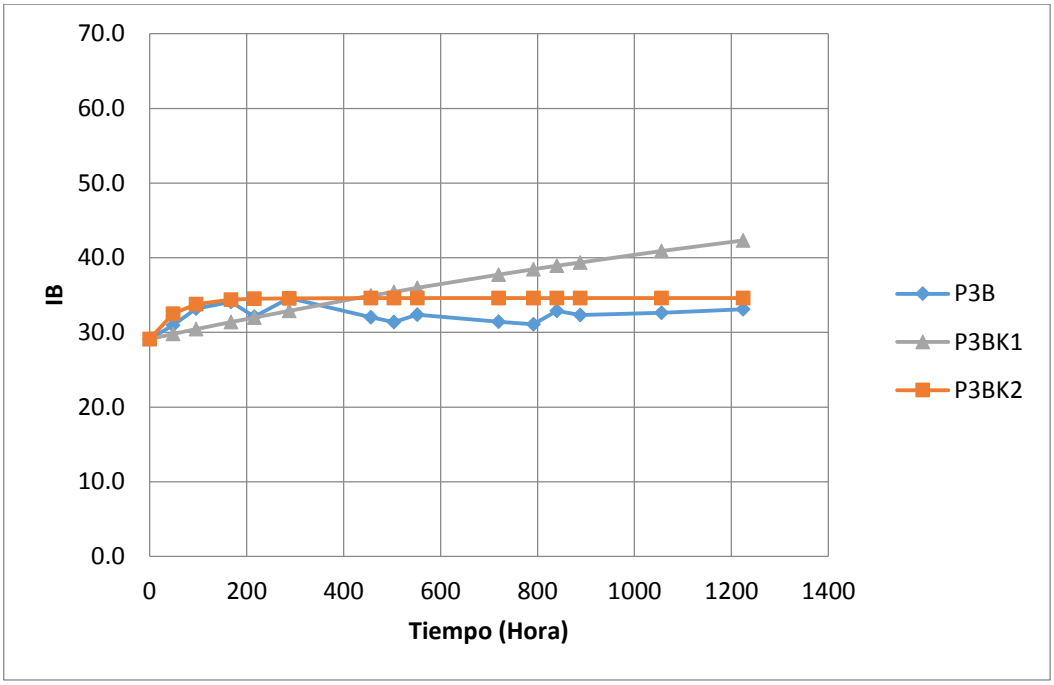


Figura 20: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento P3B.

Cuadro 28: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento P3B

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	14	402,1	28,7	8,2	0,00
Error	225	786,1	3,4		
Total	239	1188,2			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T15 - T14	0,5	0,5	2,21	NS
T14 - T13	0,3	0,3	2,21	NS
T13 - T12	-0,6	0,6	2,21	NS
T12 - T11	1,8	1,8	2,21	NS
T11 - T10	-0,3	0,3	2,21	NS
T10 - T9	-0,9	0,9	2,21	NS
T9 - T8	1,0	1,0	2,21	NS
T8 - T7	-0,8	0,8	2,21	NS
T7 - T6	-2,4	2,4	2,21	S
T6 - T5	2,5	2,5	2,21	S

«continuación»

T5 - T4	-2,0	2,0	2,21	NS
T4 - T3	0,9	0,9	2,21	NS
T3 - T2	2,2	2,2	2,21	S
T2 - T1	1,8	1,8	2,21	NS

4.4.3. ESCALAMIENTO Y VNSC (VARIACIÓN NO SIGNIFICATIVA EN CINÉTICA) PARA CADA PRUEBA DEL TRATAMIENTO ACELERADO CON CICLOS DE 30 ± 1 ºC (8 HORAS) Y 20 ± 1 ºC (16 HORAS) CON 30, 50 Y 70 POR CIENTO DE HUMEDAD RELATIVA

Se observó que las gráficas con constante de reacción de eflorescencia grasa K2 después de ser escalonadas se ajustan mejor a la función exponencial invertida en comparación a las gráficas obtenidas experimentalmente después del modelamiento matemático con constantes de reacción de eflorescencia grasa K1 para los tratamientos M1A (figura 21), M1B (figura 22), M2A (figura 23), M2B (figura 24), M3A (figura 25) y M3B (figura 26). Las gráficas presentaron un comportamiento similar a las obtenidas en el método acelerado con el mismo ciclo de temperaturas con valores de $r^2 > 0,90$ como se muestra en el cuadro 29.

Los tratamientos M2 y C1 se realizaron bajo las mismas condiciones con ciclos de 30 ± 1 ºC (8 horas) y 20 ± 1 ºC (16 horas) a 30 por ciento de humedad relativa por lo que se consideran como un mismo tratamiento; también los tratamientos M3 y C2 se realizaron bajo las mismas condiciones con ciclos de 30 ± 1 ºC (8 horas) y 20 ± 1 ºC (16 horas) a 50 por ciento de humedad y serian el mismo tratamiento.

Al aplicar el método de VNSC se observó que por análisis de varianza ANVA a un 95 por ciento de probabilidad (α=0,05) los tratamientos M1A (cuadro 29), M1B (cuadro 30), C1A (cuadro 31), C1B (cuadro 32), C2A (cuadro 33) y C2B (cuadro 34) presentaron diferencia significativa (p-valor < 0,05) al analizar las medias de los puntos que forman la gráfica de cada tratamiento. De lo anterior se confirma que hubo eflorescencia grasa utilizando ciclos con temperatura máxima de 30 °C.

Determinada las diferencias significativas con el ANVA se procedió a determinar el punto donde las gráficas cambian de sentido de un crecimiento acelerado a un comportamiento

lineal a partir del cual la función tiene una etapa asintótica, para ello se aplicó la prueba de comparación de Tukey como parte del análisis de VNSC a los tratamientos M1A (cuadro 29), M1B (cuadro 30), M2A (cuadro 31), M2B (cuadro 32), M3A (cuadro 33) y M3B (cuadro 34). Como se puede observar estos tratamientos presentaron la mayor variación de IB después de la primera medición equivalente a 48 horas de almacenamiento o dos ciclos.

En los tratamientos M2B y M3B, a 50 y 70 por ciento de humedad relativa respectivamente, se observó que el comportamiento difiere de los demás, al analizar la prueba de comparación de TUKEY se determinó que las muestras no presentaron eflorescencia constante. Sin embargo gráficamente su comportamiento fue similar a las otras pruebas realizadas en este tratamiento como se observa en las figuras 24 y 26. Se observó que la prueba M3A (Figura 25) no llego a su IB final ya que la muestra siguió efloreciendo hasta el final de este tratamiento.

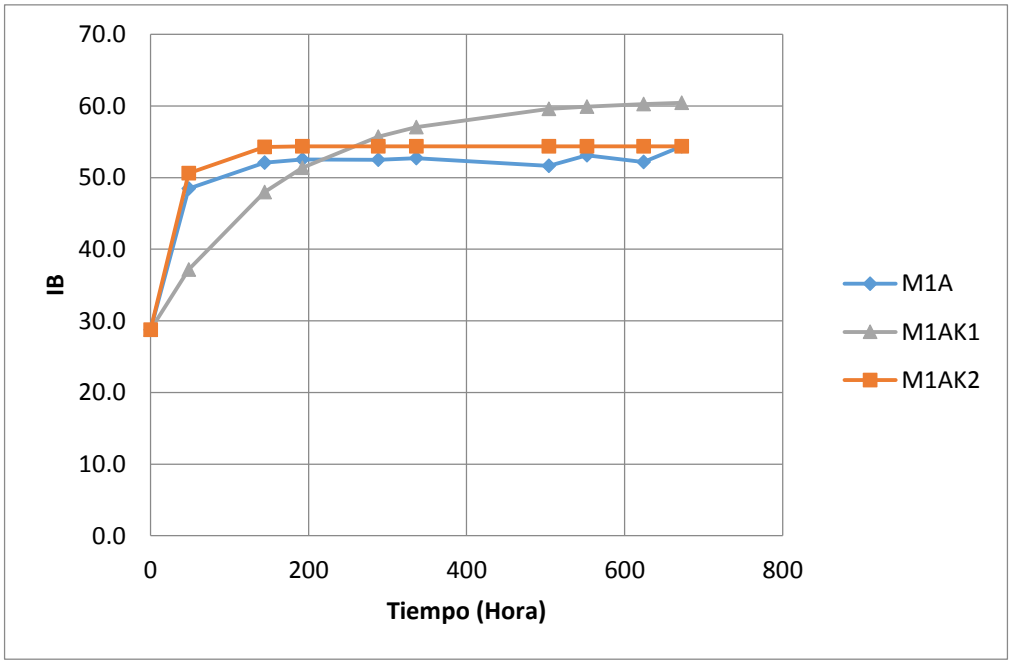


Figura 21: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento M1A.

Cuadro 29: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento M1A

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	9	8221,8	913,5	216,5	0,00
Error	150	632,6	4,2		

Total	159	8854,5			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T10 -T9	2,2	2,2	2,25	NS
T9 - T8	-0,9	0,9	2,25	NS
T8 - T7	1,5	1,5	2,25	NS
T7 - T6	-1,1	1,1	2,25	NS
T6 - T5	0,2	0,2	2,25	NS
T5 - T4	0,0	0,0	2,25	NS
T4 - T3	0,4	0,4	2,25	NS
T3 - T2	3,6	3,6	2,25	S
T2 - T1	19,7	19,7	2,25	S

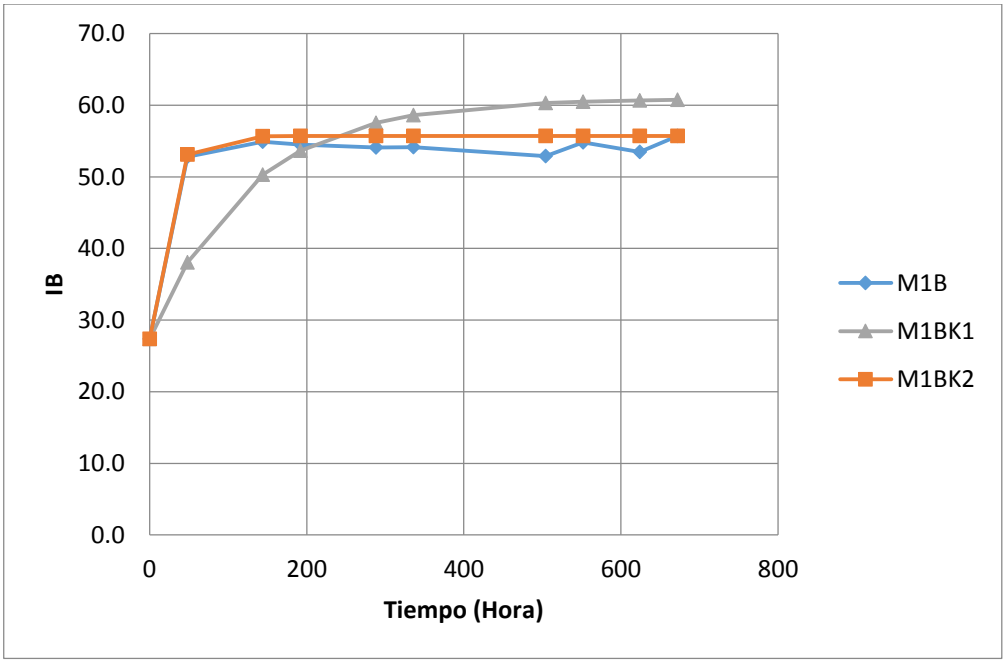


Figura 22: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento M1B.

Cuadro 30: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento M1B

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	9	10456,6	1161,8	1819,1	0,00
Error	150	95,8	0,6		

Total	159	10552,4			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T10 -T9	2,2	2,2	0,88	S
T9 - T8	-1,3	1,3	0,88	S
T8 - T7	1,9	1,9	0,88	S
T7 - T6	-1,2	1,2	0,88	S
T6 - T5	0,0	0,0	0,88	NS
T5 - T4	-0,4	0,4	0,88	NS
T4 - T3	-0,4	0,4	0,88	NS
T3 - T2	2,1	2,1	0,88	S
T2 - T1	25,5	25,5	0,88	S

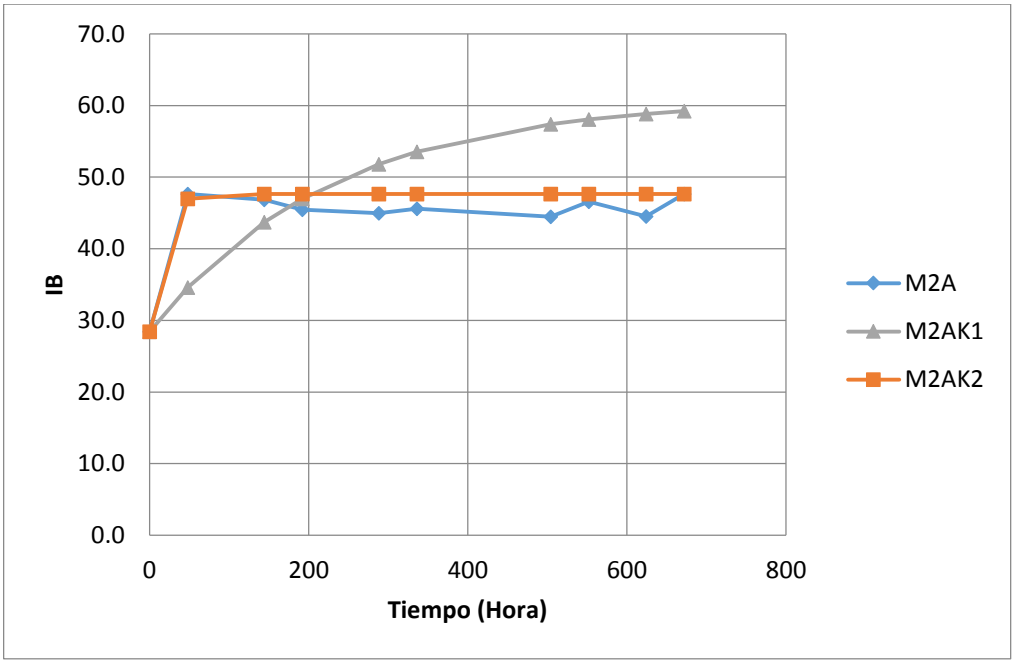


Figura 23: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento M2A.

Cuadro 31: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento M2A

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	9	4635,8	515,0	107,7	0,00
Error	150	717,2	4,7		

Total	159	5353,0			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T10 - T9	3,1	3,1	2,40	S
T9 - T8	-2,0	2,0	2,40	NS
T8 - T7	2,1	2,1	2,40	NS
T7 - T6	-1,1	1,1	2,40	NS
T6 - T5	0,7	0,7	2,40	NS
T5 - T4	-0,5	0,5	2,40	NS
T4 - T3	-1,4	1,4	2,40	NS
T3 - T2	-0,8	0,8	2,40	NS
T2 - T1	19,2	19,2	2,40	S

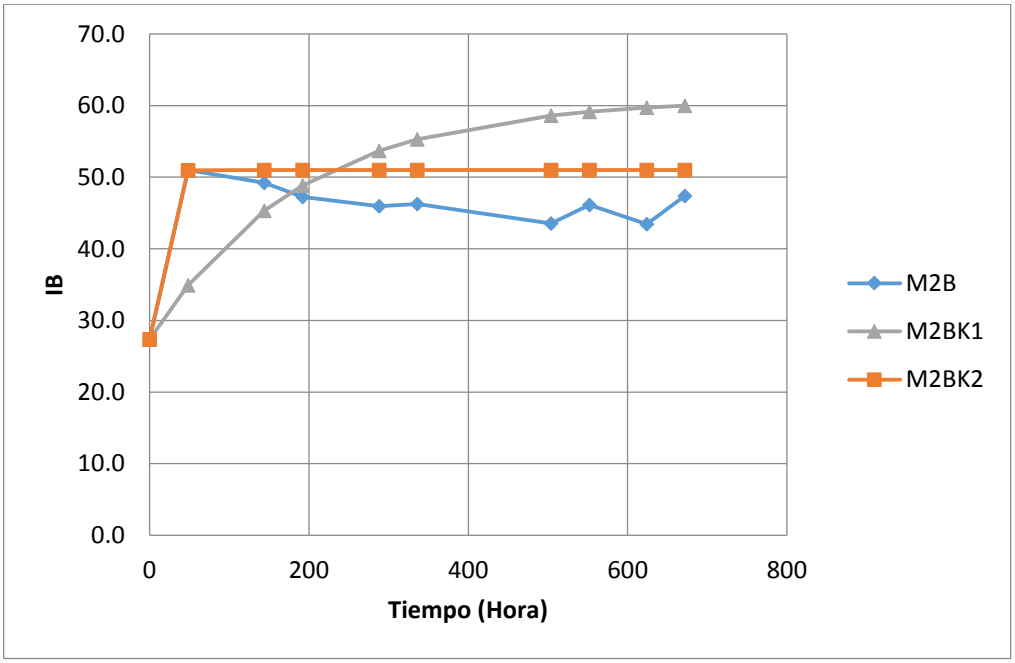


Figura 24: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento M2B.

Cuadro 32: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento M2B

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	9	6128,9	680,9	1208,6	0.00
Error	150	84,5	0,5		

Total	159	6213,4			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T10 - T9	3,9	3,9	0,82	S
T9 - T8	-2,7	2,7	0,82	S
T8 - T7	2,6	2,6	0,82	S
T7 - T6	-2,7	2,7	0,82	S
T6 - T5	0,3	0,3	0,82	NS
T5 - T4	-1,3	1,3	0,82	S
T4 - T3	-2,0	2,0	0,82	S
T3 - T2	-1,8	1,8	0,82	S
T2 - T1	23,6	23,6	0,82	S

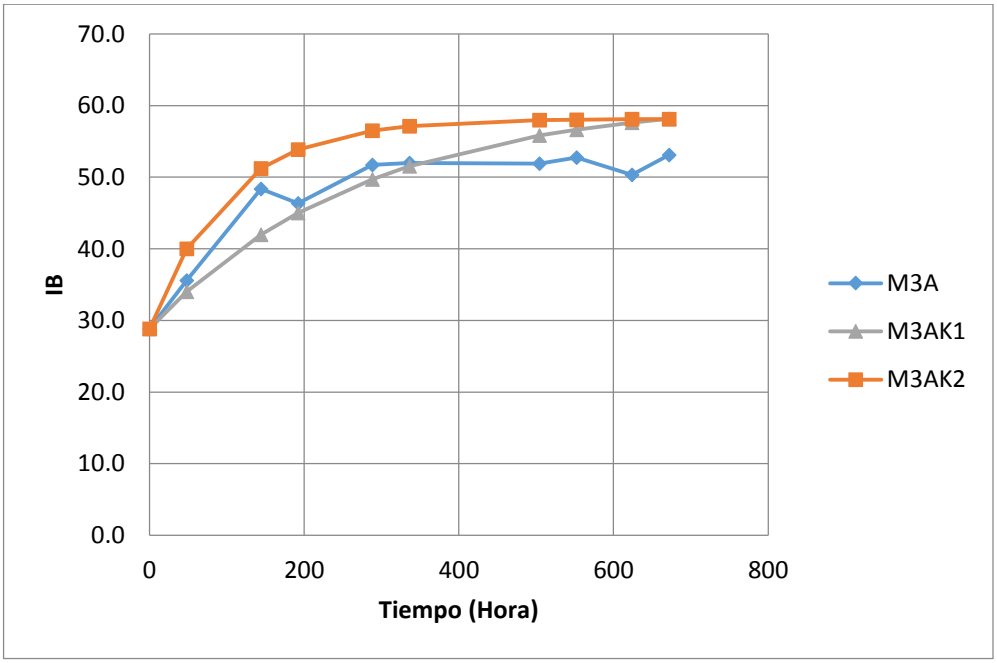


Figura 25: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento M3A.

Cuadro 33: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento M3A

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	9	9827,6	1091,9	461,2	0,00
Error	150	355,1	2,3		

Total	159	10182,7			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T10 - T9	2,8	2,8	1,69	S
T9 - T8	-2,4	2,4	1,69	S
T8 - T7	0,8	0,8	1,69	NS
T7 - T6	-0,1	0,1	1,69	NS
T6 - T5	0,3	0,3	1,69	NS
T5 - T4	5,4	5,4	1,69	S
T4 - T3	-2,0	2,0	1,69	S
T3 - T2	12,8	12,8	1,69	S
T2 - T1	6,7	6,7	1,69	S

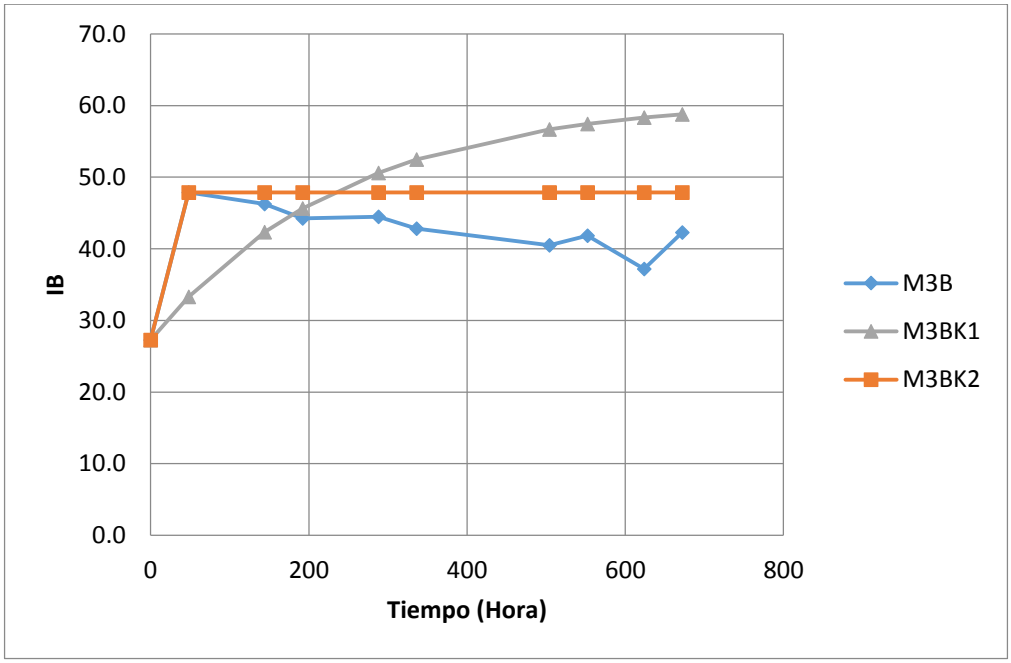


Figura 26: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento M3B.

Cuadro 34: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento M3B

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	9	4855,2	539,4	564,4	0,00
Error	150	143,4	0,9		

Total	159	4998,6			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T10 - T9	5,1	5,1	1,07	S
T9 - T8	-4,6	4,6	1,07	S
T8 - T7	1,3	1,3	1,07	S
T7 - T6	-2,3	2,3	1,07	S
T6 - T5	-1,6	1,6	1,07	S
T5 - T4	0,2	0,2	1,07	NS
T4 - T3	-2,0	2,0	1,07	S
T3 - T2	-1,6	1,6	1,07	S
T2 - T1	20,6	20,6	1,07	S

4.4.4. ESCALAMIENTO Y VNSC (VARIACIÓN NO SIGNIFICATIVA EN CINÉTICA) PARA EL MÉTODO CONSTANTE A TEMPERATURA DE 20 °C DE ALMACENAMIENTO CON 30; 50 Y 70 POR CIENTO DE HUMEDAD RELATIVA

Se observó que las gráficas con el coeficiente de reacción de eflorescencia grasa K2, después de ser escaladas, no se aproximaron a las obtenidas experimentalmente para los tratamientos T1A (figura 27), T1B (figura 28), T2A (figura 29), T2B (figura 30), T3A (figura 31) y T3B (Figura 32), siendo sus coeficientes de determinación (cuadro 99) menores a 0,90 como función exponencial invertida, lo que es explicado posiblemente porque no se llegó a observar la eflorescencia grasa por la temperatura de 20 °C a la que se trabajó. Los tratamientos presentaron disminución de los valores de IB, lo que puede ser explicado por la pérdida de brillo de las muestras, disminuyendo con ello el valor de L*. Se observó que las gráficas presentaron un comportamiento lineal donde en los tratamientos T2 y T3 se evidenció una ligera variación entre puntos, pero no se identificó una tendencia hacia el aumento del IB como se indica en el análisis VNSC.

Al aplicar el método de VNSC se observó que por análisis de varianza ANVA a un 95 por ciento de probabilidad (α=0,05) los tratamientos T1A (cuadro 35), T1B (cuadro 36), T2A (cuadro 37), T2B (cuadro 38), T3A (cuadro 39) y T3B (cuadro 40) presentaron diferencia significativa (p-valor < 0,05) al analizar las medias de los puntos que forman la gráfica de cada tratamiento.

Como parte del análisis de VNSC se aplicó la prueba de comparación de Tukey para cada tratamiento con el que se determinó la existencia de diferencias significativas (p-valor > 0,05) entre las medias de los IB para todos los valores de tiempo que forman la gráfica de los tratamientos T1B (cuadro 36), T2A (cuadro 37), T2B (cuadro 38), T3A (cuadro 39) y T3B (cuadro 40); no se observó diferencia significativa entre los puntos que forman la gráfica del tratamiento T1A (figura 27) analizado por VNSC T1A (cuadro 35). De tal resultado y considerando la gráfica correspondiente por tratamiento se podría aplicar un ajuste de función de una línea recta.

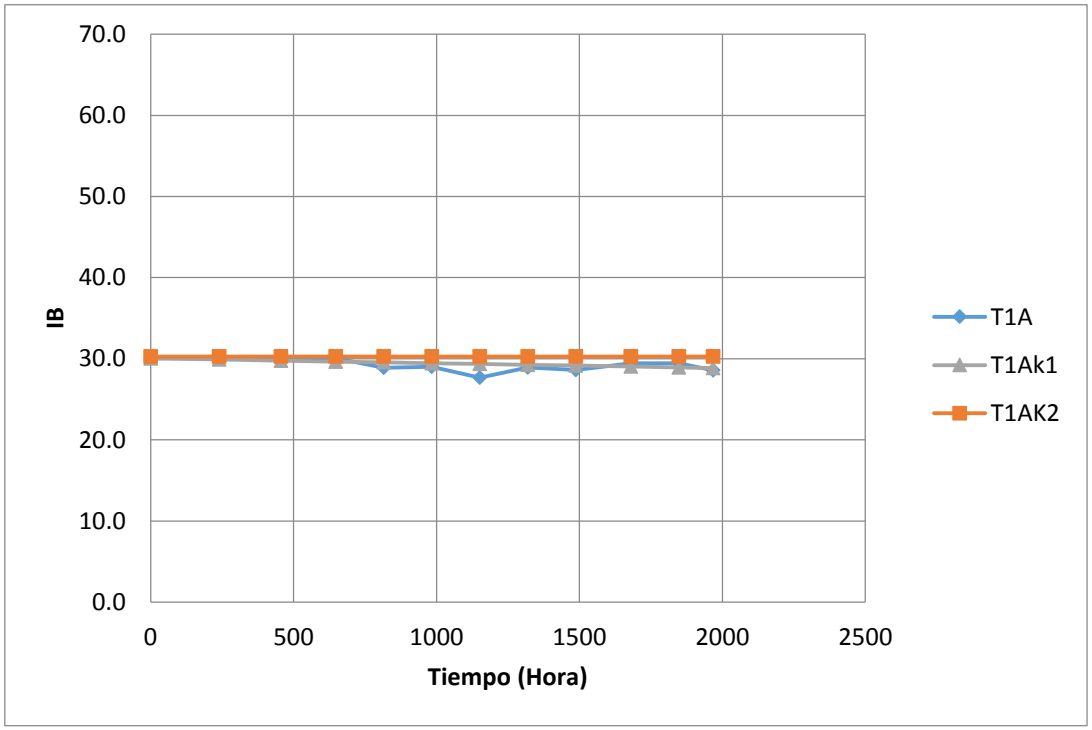


Figura 27: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T1A.

Cuadro 35: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T1A

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	11	110,8	10,0	4,4	0,00
Error	180	404,4	2,2		
Total	191	515,1			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T10 -T9	0,8	0,8	1,70	NS
T9 - T8	0,0	0,0	1,70	NS
T8 - T7	0,9	0,9	1,70	NS
T7 - T6	-1,4	1,4	1,70	NS
T6 - T5	0,1	0,1	1,70	NS
T5 - T4	-1,2	1,2	1,70	NS
T4 - T3	0,1	0,1	1,70	NS
T3 - T2	-0,3	0,3	1,70	NS
T2 - T1	0,2	0,2	1,70	NS

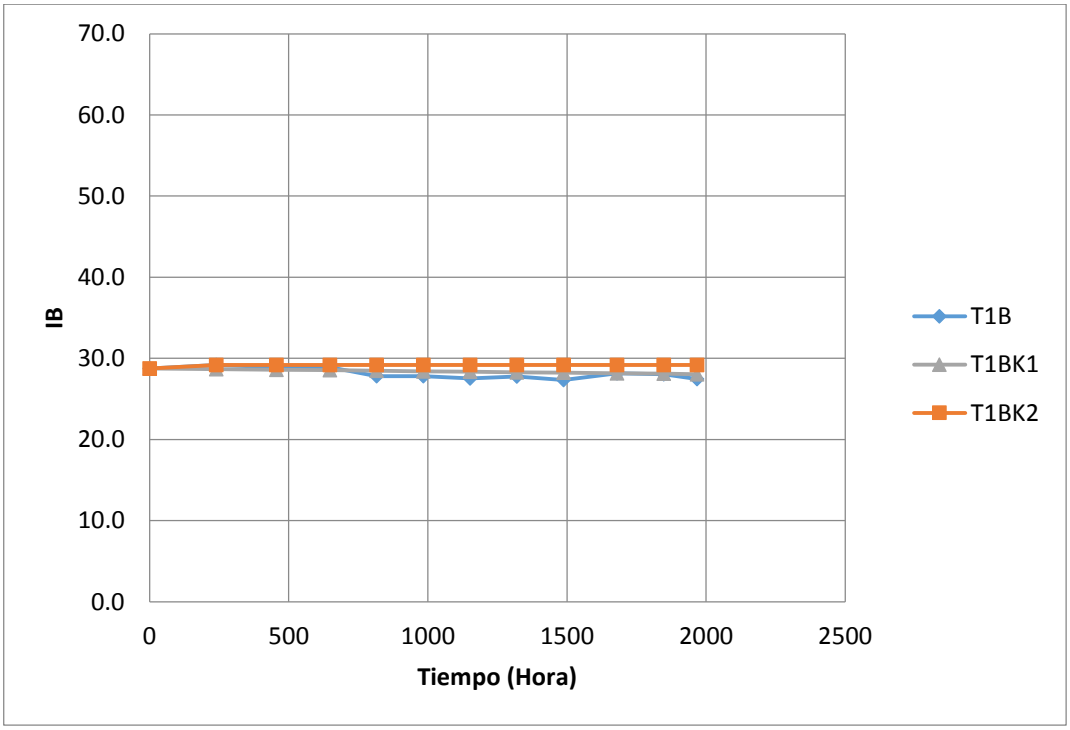


Figura 28: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T1B.

Cuadro 36: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T1B

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	11	72,4	6,5	465,9	0,00
Error	180	2,5	0,0		
Total	191	74,9			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T10 -T9	0,8	0,8	0,14	S
T9 - T8	-0,4	0,4	0,14	S
T8 - T7	0,2	0,2	0,14	S
T7 - T6	-0,3	0,3	0,14	S
T6 - T5	0,0	0,0	0,14	NS
T5 - T4	-1,1	1,1	0,14	S
T4 - T3	0,0	0,0	0,14	NS
T3 - T2	-0,3	0,3	0,14	S
T2 - T1	0,4	0,4	0,14	S

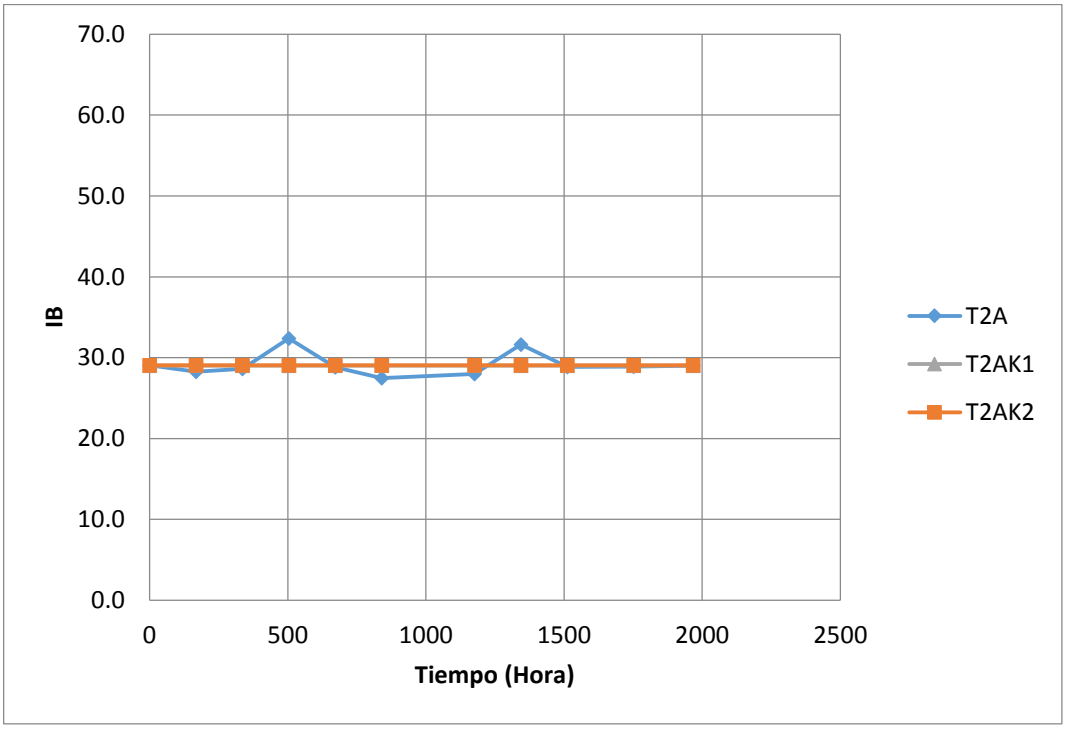


Figura 29: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T2A

Cuadro 37: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T2A.

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	10	355,3	35,5	390,2	0,00
Error	165	15,0	0,1		
Total	175	370,3			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T10 - T9	0,0	0,0	0,34	NS
T9 - T8	-2,8	2,7	0,34	S
T8 - T7	3,7	3,6	0,34	S
T7 - T6	0,5	0,5	0,34	S
T6 - T5	-1,4	1,3	0,34	S
T5 - T4	-3,5	3,5	0,34	S
T4 - T3	3,8	3,7	0,34	S
T3 - T2	0,3	0,3	0,34	NS
T2 - T1	-0,8	0,7	0,34	S

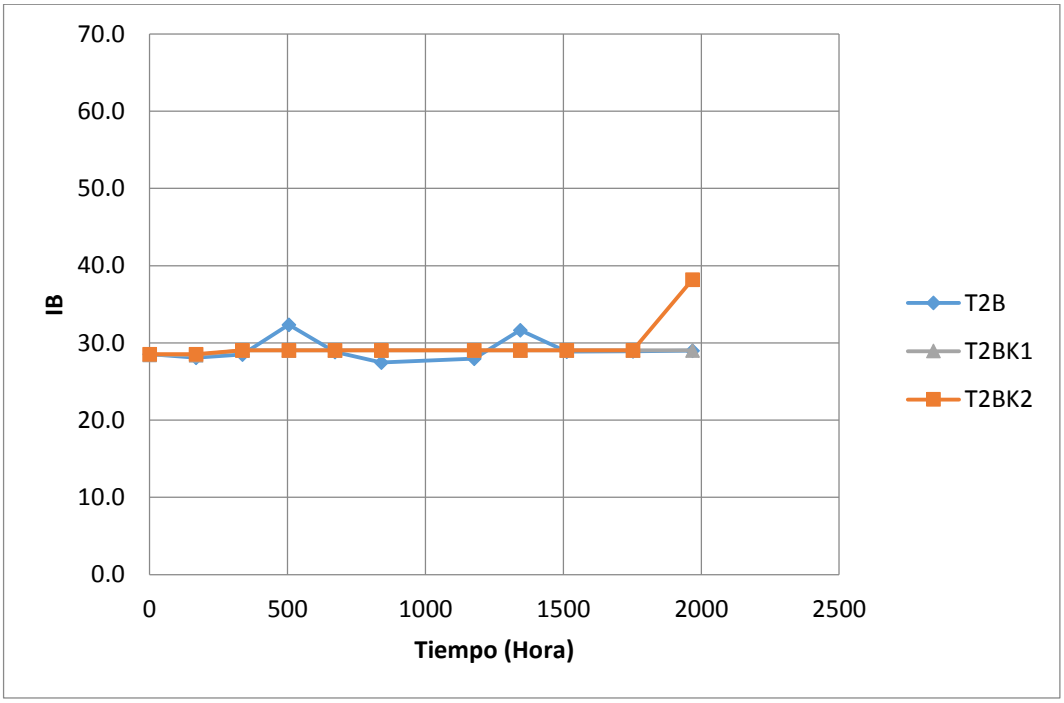


Figura 30: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T2B.

Cuadro 38: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T2B

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	10	176,4	17,6	129,5	0,00
Error	165	22,5	0,1		
Total	175	198,8			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T10 -T9	0,1	0,0	0,41	NS
T9 - T8	-2,9	2,9	0,41	S
T8 - T7	3,7	3,6	0,41	S
T7 - T6	0,5	0,4	0,41	S
T6 - T5	-1,3	1,3	0,41	S
T5 - T4	0,6	0,6	0,41	S
T4 - T3	-0,7	0,6	0,41	S
T3 - T2	0,4	0,4	0,41	S
T2 - T1	-0,5	0,4	0,41	S

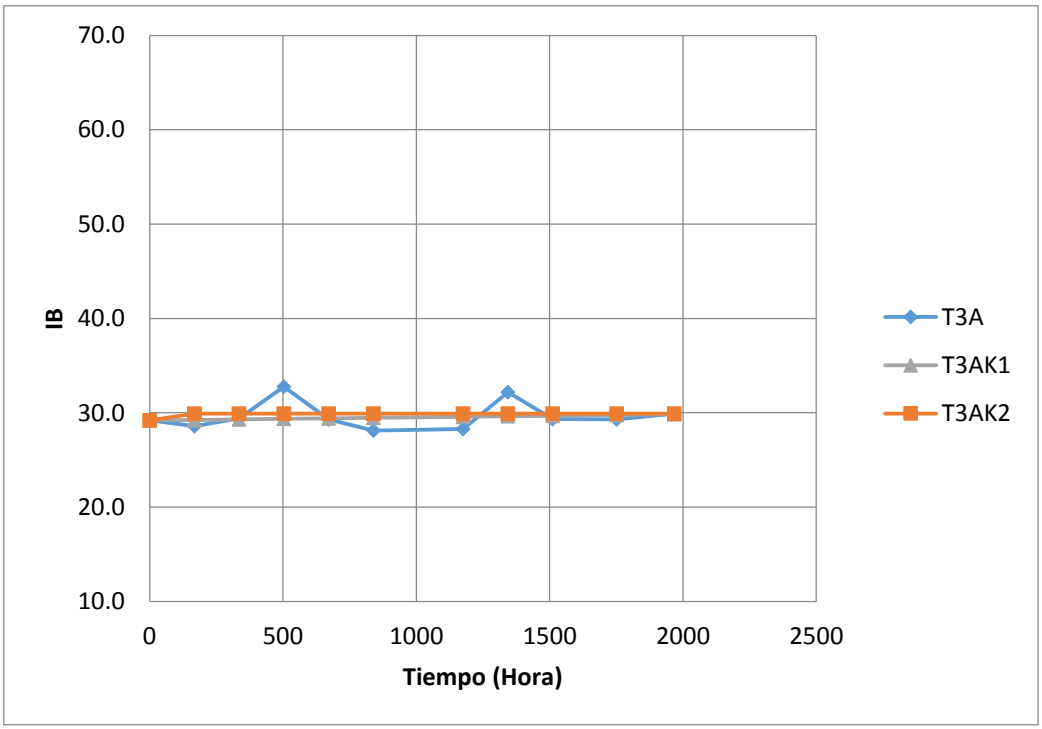


Figura 31: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T3A.

Cuadro 39: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T3A

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	10	356,6	35,6	135,3	0,00
Error	165	43,5	0,2		
Total	175	400,0			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T10 -T9	-0,3	0,3	1,41	NS
T9 - T8	-2,6	2,5	1,41	S
T8 - T7	4,0	3,9	1,41	S
T7 - T6	0,0	0,0	1,41	NS
T6 - T5	-0,9	0,9	1,41	NS
T5 - T4	0,5	0,4	1,41	NS
T4 - T3	-0,8	0,7	1,41	NS
T3 - T2	0,7	0,7	1,41	NS
T2 - T1	-0,7	0,7	1,41	NS

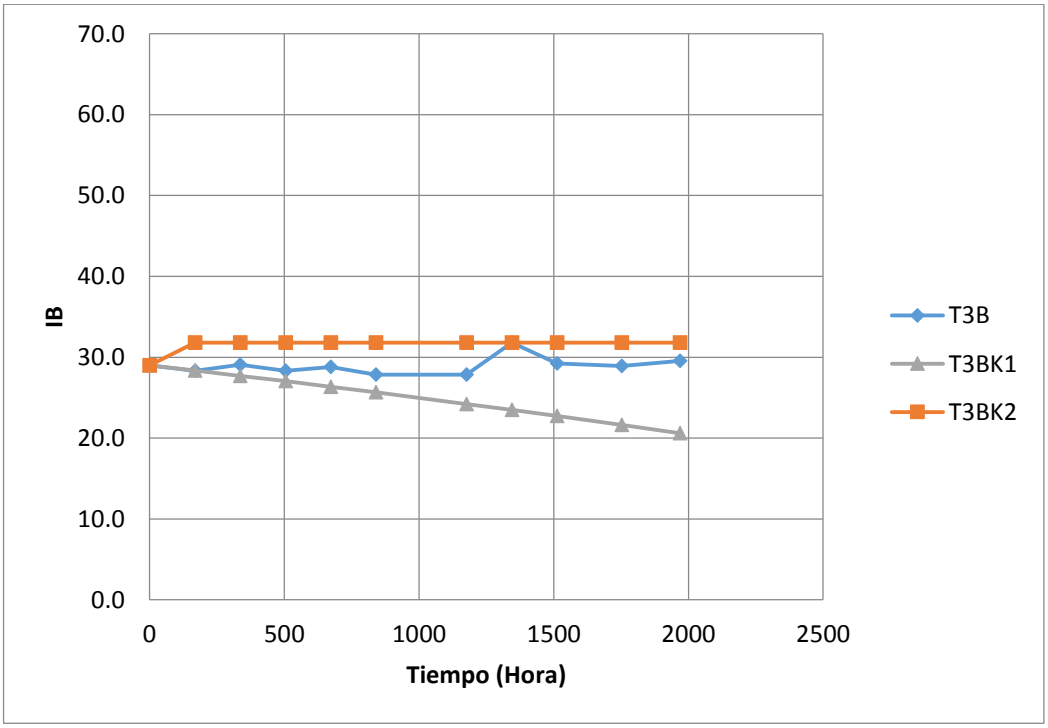


Figura 32: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T3B.

Cuadro 40: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T3B

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	10	190,9	19,0	12,0	0,00
Error	165	262,1	1,5		
Total	175	453,0			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T10 -T9	0,0	0,0	0,57	NS
T9 - T8	-2,9	2,9	0,57	S
T8 - T7	3,9	3,9	0,57	S
T7 - T6	0,2	0,1	0,57	NS
T6 - T5	-1,2	1,2	0,57	S
T5 - T4	-3,5	3,4	0,57	S
T4 - T3	3,4	3,3	0,57	S
T3 - T2	0,8	0,8	0,57	S
T2 - T1	-0,6	0,5	0,57	S

4.4.5. ESCALAMIENTO Y VNSC (VARIACIÓN NO SIGNIFICATIVA EN CINÉTICA) PARA EL MÉTODO CONSTANTE A TEMPERATURA DE 24 °C DE ALMACENAMIENTO CON 30; 50 Y 70 POR CIENTO DE HUMEDAD RELATIVA

Se observó que los tratamientos a 24 °C de temperatura de almacenamiento presentaron un comportamiento similar a los almacenados a 20 °C, tal como se evidencia en las gráficas de los tratamientos T4A (Figura 33), T4B (Figura 34), T5A (Figura 35), T5B (Figura 36), T6A (Figura 37) y T6B (Figura 38). El tratamiento T4A presentó un comportamiento lineal y los tratamientos T4B, T5A, T5B, T6A y T6B también presentaron un comportamiento lineal con variaciones como se evidenció en el análisis VNSC.

Al aplicar el método de VNSC se observó que por análisis de varianza ANVA a un 95 por ciento de probabilidad ($\alpha = 0,05$) los tratamientos T4A (Cuadro 41), T4B (Cuadro 42), T5A (Cuadro 43), T5B (Cuadro 44), T6A (Cuadro 45) y T6B (Cuadro 46) presentaron diferencia

significativa (p-valor < 0,05) al analizar las medias de los puntos que forman la gráfica de cada tratamiento.

Como parte del análisis de VNSC se aplicó la prueba de comparación de Tukey para cada tratamiento con el que se determinó que existencia de diferencias significativas (p-valor > 0,05) entre las medias de los IB para todos los valores de tiempo que forman la gráfica de los tratamientos T4B (cuadro 42), T5A (cuadro 43), T5B (cuadro 44), T6A (cuadro 45) y T6B (cuadro 46); sin embargo el tratamiento T4A (cuadro 41) no presentó diferencia significativa en la comparación VNSC pese a gráficamente se evidenció el mismo comportamiento. De tal resultado y considerando la gráfica correspondiente por tratamiento se podría aplicar un ajuste de función de una línea recta.

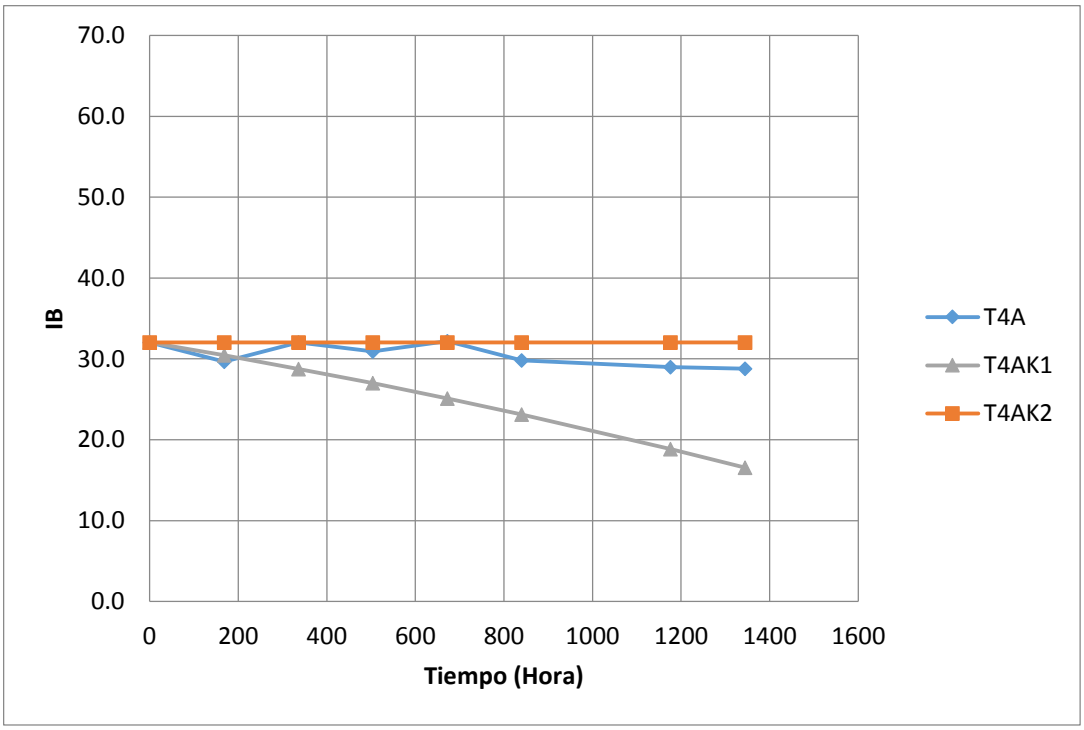


Figura 33: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T4A.

Cuadro 41: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T4A

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	7	226,0	32,3	5,2	0,00

Error	120	740,8	6,2		
Total	127	966,8			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T8 - T7	-0,2	0,2	2,63	NS
T7 - T6	-0,9	0,9	2,63	NS
T6 - T5	-2,4	2,4	2,63	NS
T5 - T4	1,2	1,2	2,63	NS
T4 - T3	-1,1	1,1	2,63	NS
T3 - T2	2,4	2,4	2,63	NS
T2 - T1	-2,4	2,4	2,63	NS

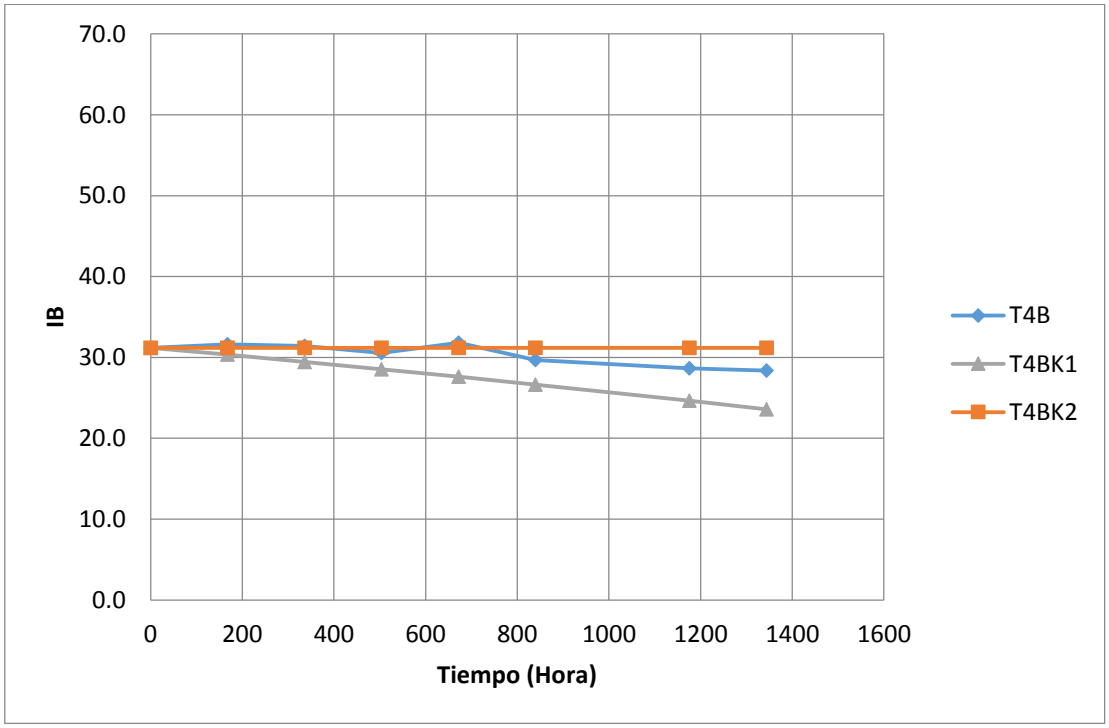


Figura 34: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T4B.

Cuadro 42: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T4B

FV	GL	SC	CM	F	P-valor

Tratamientos	7	206,6	29,5	187,8	0,00
Error	120	18,9	0,2		
Total	127	225,5			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T8 - T7	-0,3	0,3	0,42	NS
T7 - T6	-1,0	1,0	0,42	S
T6 - T5	-2,2	2,2	0,42	S
T5 - T4	1,3	1,3	0,42	S
T4 - T3	-0,9	0,9	0,42	S
T3 - T2	-0,2	0,2	0,42	NS
T2 - T1	0,4	0,4	0,42	NS

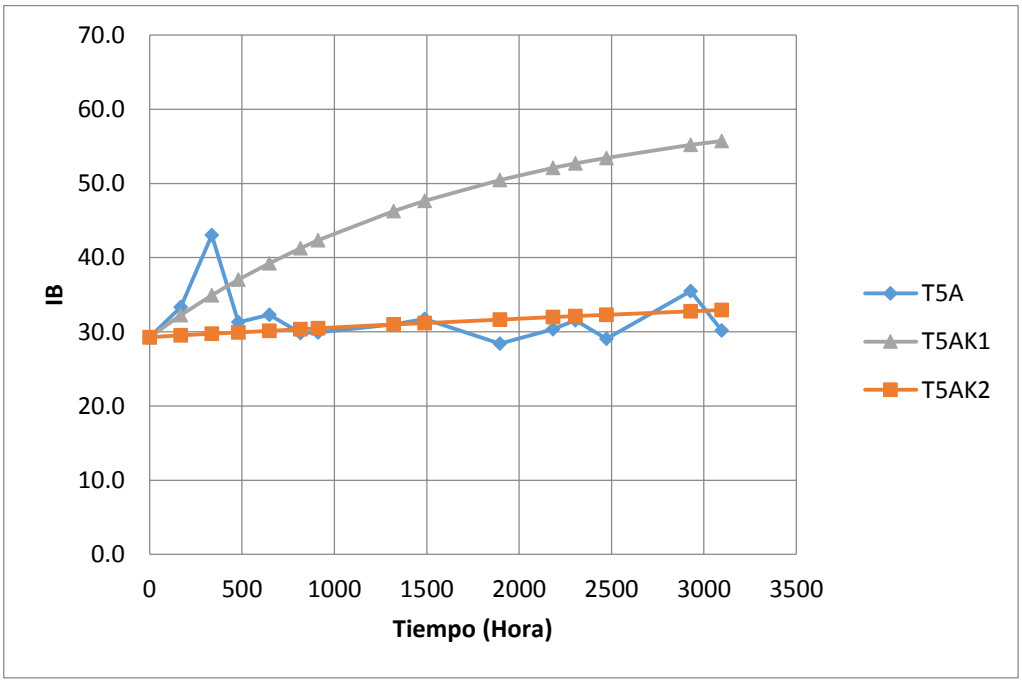


Figura 35: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T5A.

Cuadro 43: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T5

FV	GL	SC	CM	F	P-valor

Tratamientos	14	2892,5	206,6	178,9	0,00
Error	225	259,9	1,2		
Total	239	3152,5			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T15 - T14	-5,3	5,3	1,14	S
T14 - T13	6,4	6,4	1,14	S
T13 - T12	-2,5	2,5	1,14	S
T12 - T11	1,2	1,2	1,14	S
T11 - T10	1,9	1,9	1,14	S
T10 - T9	-3,3	3,3	1,14	S
T9 - T8	0,7	0,7	1,14	NS
T8 - T7	1,1	1,1	1,14	NS
T7 - T6	0,1	0,1	1,14	NS
T6 - T5	-2,5	2,5	1,14	S
T5 - T4	1,0	1,0	1,14	NS
T4 - T3	-11,7	11,7	1,14	S
T3 - T2	9,7	9,7	1,14	S
T2 - T1	4,0	4,0	1,14	S

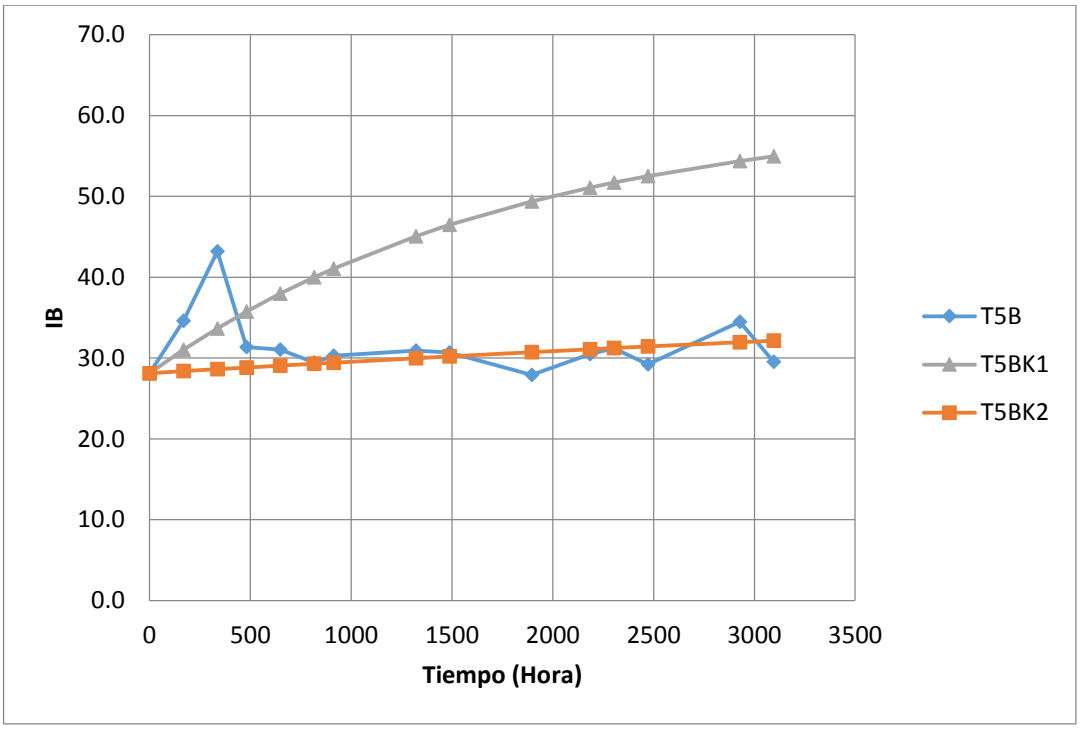


Figura 36: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T5B.

Cuadro 44: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T5B

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	14	3148,4	224,9	78,1	0,00
Error	225	648,3	2,9		
Total	239	3796,7			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T15 - T14	-5,0	5,0	1,80	S
T14 - T13	5,2	5,2	1,80	S
T13 - T12	-1,9	1,9	1,80	S
T12 - T11	0,7	0,7	1,80	NS
T11 - T10	2,6	2,6	1,80	S
T10 - T9	-2,7	2,7	1,80	S
T9 - T8	-0,3	0,3	1,80	NS
T8 - T7	0,6	0,6	1,80	NS

T7 - T6	0,8	0,8	1,80	NS
T6 - T5	-1,6	1,6	1,80	NS
T5 - T4	-0,3	0,3	1,80	NS
T4 - T3	-11,8	11,8	1,80	S
T3 - T2	8,6	8,6	1,80	S
T2 - T1	6,5	6,5	1,80	S

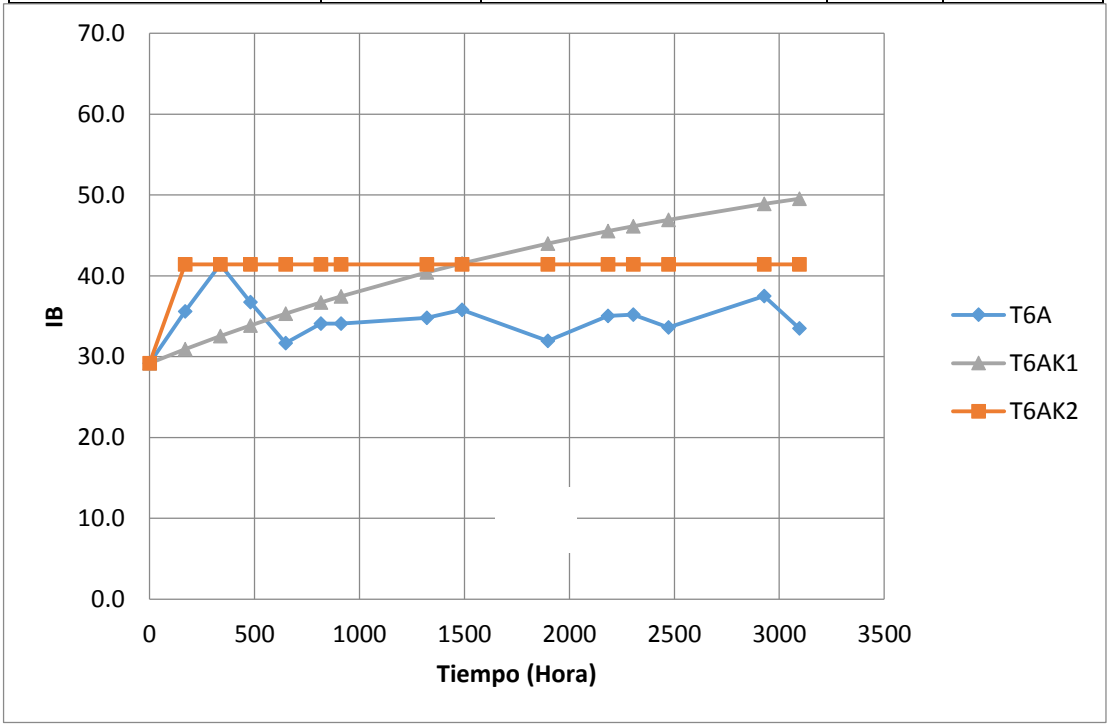


Figura 37: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T6A.

Cuadro 45: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T6A

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	14	1754,9	125,3	45,1	0,00
Error	225	624,7	2,8		
Total	239	2379,5			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T15 - T14	-4,0	4,0	1,77	S
T14 - T13	3,9	3,9	1,77	S

T13 - T12	-1,6	1,6	1,77	NS
T12 - T11	0,2	0,2	1,77	NS
T11 - T10	3,1	3,1	1,77	S
T10 - T9	-3,8	3,8	1,77	S
T9 - T8	1,0	1,0	1,77	NS
T8 - T7	0,7	0,7	1,77	NS
T7 - T6	0,0	0,0	1,77	NS

«continuación»

T6 - T5	2,4	2,4	1,77	S
T5 - T4	-5,0	5,0	1,77	S
T4 - T3	-4,7	4,7	1,77	S
T3 - T2	5,8	5,8	1,77	S
T2 - T1	6,4	6,4	1,77	S

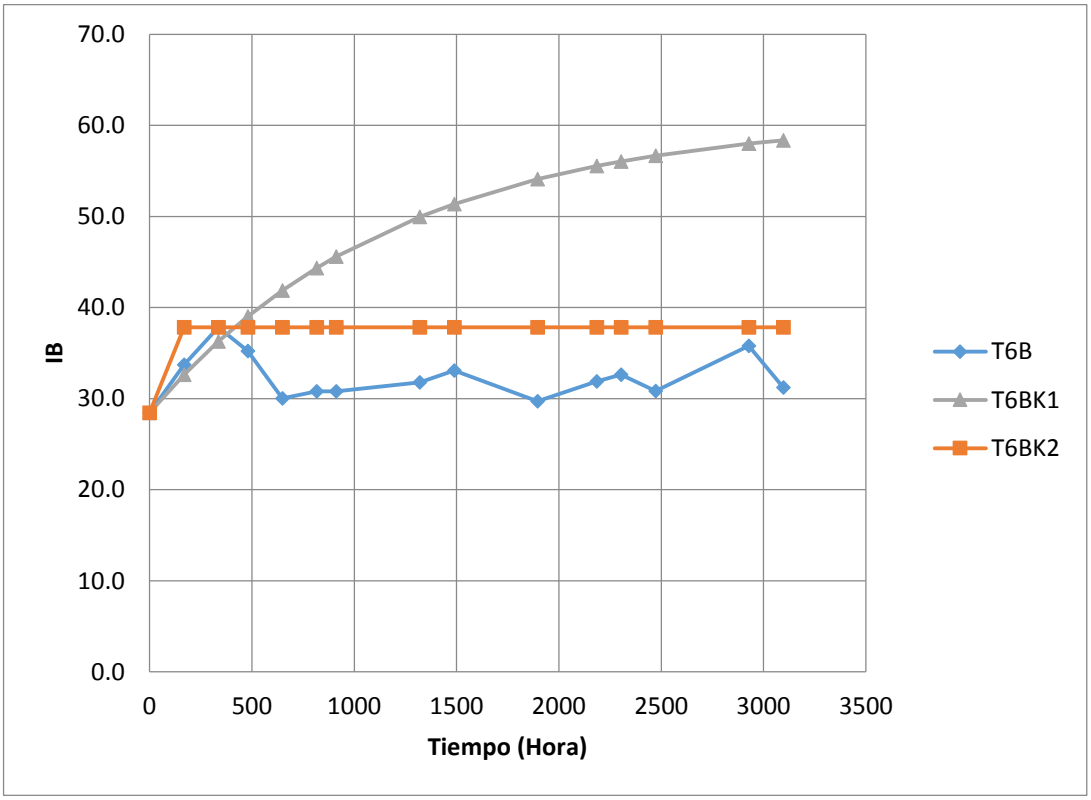


Figura 38: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T6B.

Cuadro 46: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T6B.

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	14	943,7	67,4	161,8	0,00
Error	225	93,7	0,4		
Total	239	1037,4			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T15 - T14	-4,6	4,6	0,68	S
T14 - T13	5,0	5,0	0,68	S
T13 - T12	-1,8	1,8	0,68	S
T12 - T11	0,7	0,7	0,68	S
T11 - T10	2,2	2,2	0,68	S
T10 - T9	-3,4	3,4	0,68	S
T9 - T8	1,3	1,3	0,68	S
T8 - T7	1,0	1,0	0,68	S
T7 - T6	0,0	0,0	0,68	NS
T6 - T5	0,7	0,7	0,68	S
T5 - T4	-5,2	5,2	0,68	S
T4 - T3	1,5	1,5	0,68	S
T3 - T2	0,0	0,0	0,68	NS
T2 - T1	5,3	5,3	0,68	S

4.4.6. ESCALAMIENTO Y VNSC (VARIACIÓN NO SIGNIFICATIVA EN CINÉTICA) PARA EL MÉTODO CONSTANTE A 28 °C DE ALMACENAMIENTO CON 30; 50 Y 70 POR CIENTO DE HUMEDAD RELATIVA

Se observó que las gráficas con la constante de reacción de eflorescencia grasa K2, después de ser escaladas, se aproximaron a las obtenidas experimentalmente para los tratamientos T7A (figura 39), T7B (figura 40), T8A (figura 41), T8B (figura 42), T9A (figura 43) y T9B (figura 44), siendo sus coeficientes de determinación cuadro 54 mayores a 0,90 como función exponencial invertida a excepción del tratamiento T9B que tiene r^2 = 0,826. Las gráficas presentaron un comportamiento similar a las obtenidas en los tratamientos por

método acelerado, ya que a 28 °C de almacenamiento por 48 horas se generó gran parte de fase líquida de la manteca de cacao en la matriz del chocolate lo que aceleró la eflorescencia de las muestras.

Al aplicar el método de VNSC se observó que por análisis de varianza ANVA a un 95 por ciento de probabilidad (α=0,05) los tratamientos T7A (cuadro 47), T7B (cuadro 48), T8A (cuadro 49), T8B (cuadro 50), T9A (cuadro 51) y T9B (cuadro 52) presentaron diferencia significativa (p-valor < 0,05) al analizar las medias de los puntos que forman la gráfica de cada tratamiento. De lo anterior se confirma que hubo eflorescencia grasa utilizando temperaturas de almacenamiento de 28 °C.

Determinada las diferencias significativas con el ANVA se procedió a determinar el punto donde las gráficas cambian de sentido de un crecimiento acelerado a un comportamiento lineal, para ello se aplicó la prueba de comparación de TUKEY como parte del análisis de VNSC para los tratamiento T7A (cuadro 47), T7B (cuadro 48), T8A (cuadro 49), T8B (cuadro 50), T9A (cuadro 51) y T9B (cuadro 52) Como se puede observar estos tratamientos presentaron la mayor variación de IB después de la primera medición equivalente a 48 horas de almacenamiento.

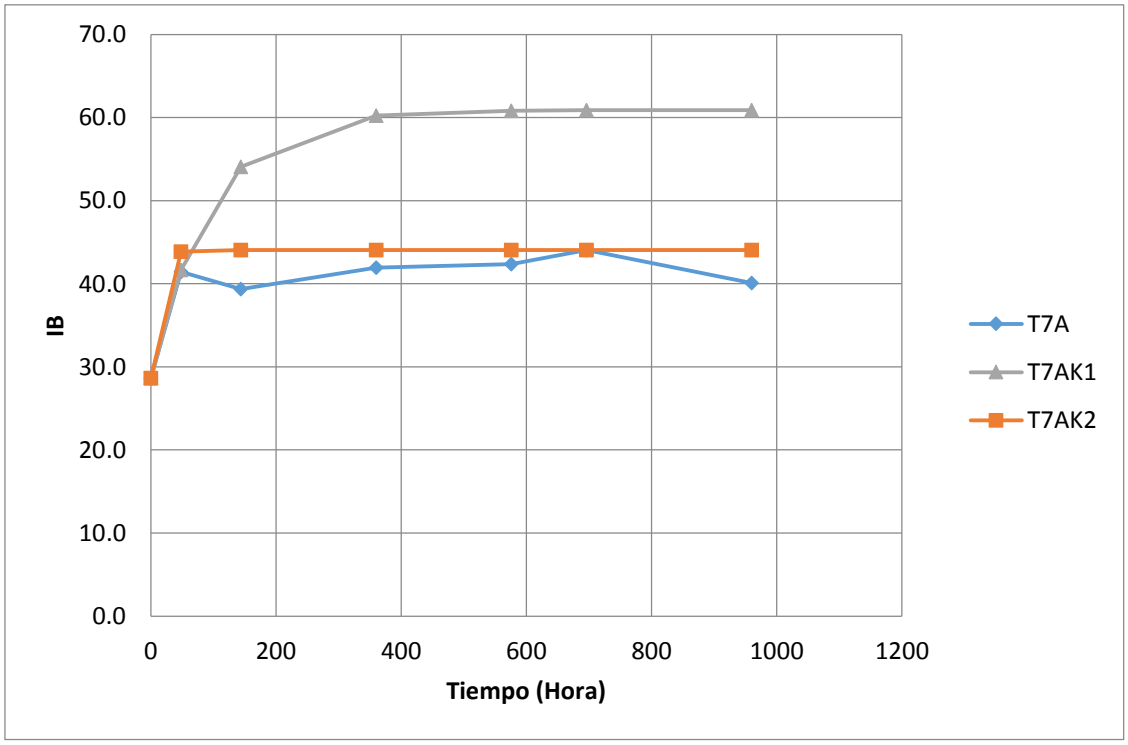


Figura 39: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T7A.

Cuadro 47: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T7A

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	6	2505,0	417,5	177,4	0,00
Error	105	247,2	2,4		
Total	111	2752,1			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T7 - T6	-4,0	4,0	1,63	S
T6 - T5	1,7	1,7	1,63	S
T5 - T4	0,4	0,4	1,63	NS
T4 - T3	2,6	2,6	1,63	S
T3 - T2	-2,1	2,1	1,63	S
T2 - T1	12,8	12,8	1,63	S

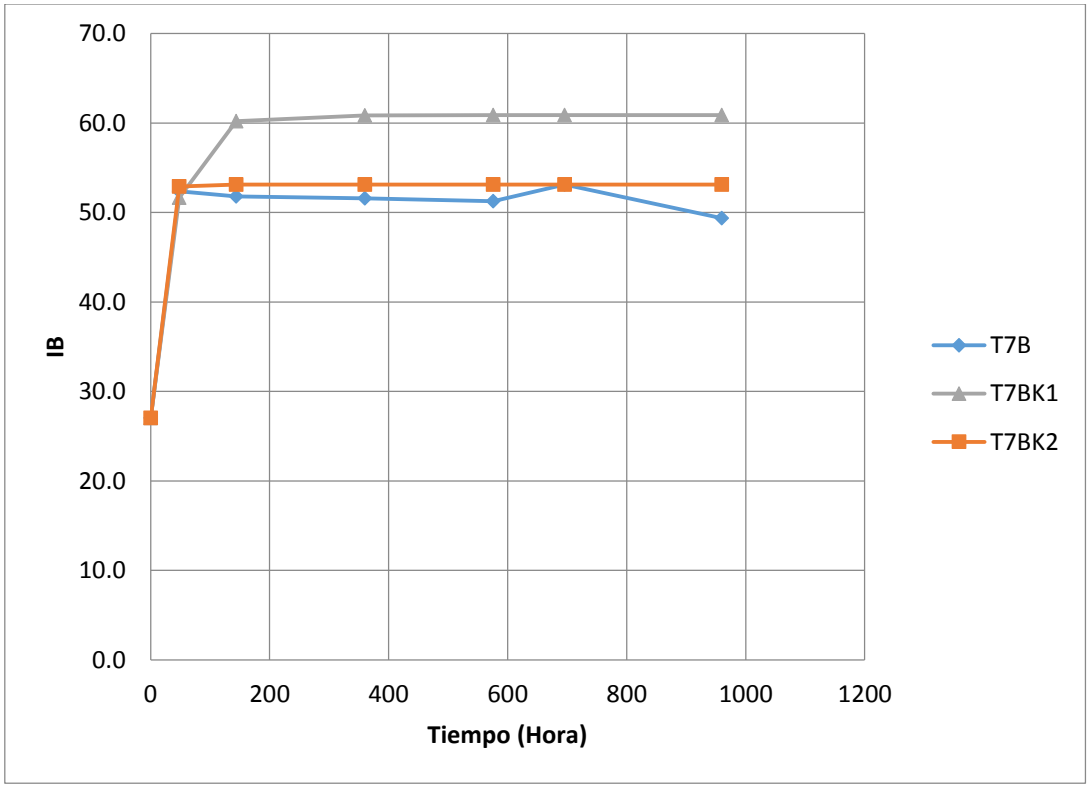


Figura 40: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T7B.

Cuadro 48: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T7B

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	6	8383,9	1397,3	3017,4	0.00
Error	105	48,6	0,5		
Total	111	8432,5			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T7 - T6	-3,8	3,8	0,72	S
T6 - T5	1,9	1,9	0,72	S
T5 - T4	-0,3	0,3	0,72	NS
T4 - T3	-0,2	0,2	0,72	NS
T3 - T2	-0,6	0,6	0,72	NS
T2 - T1	25,3	25,3	0,72	S

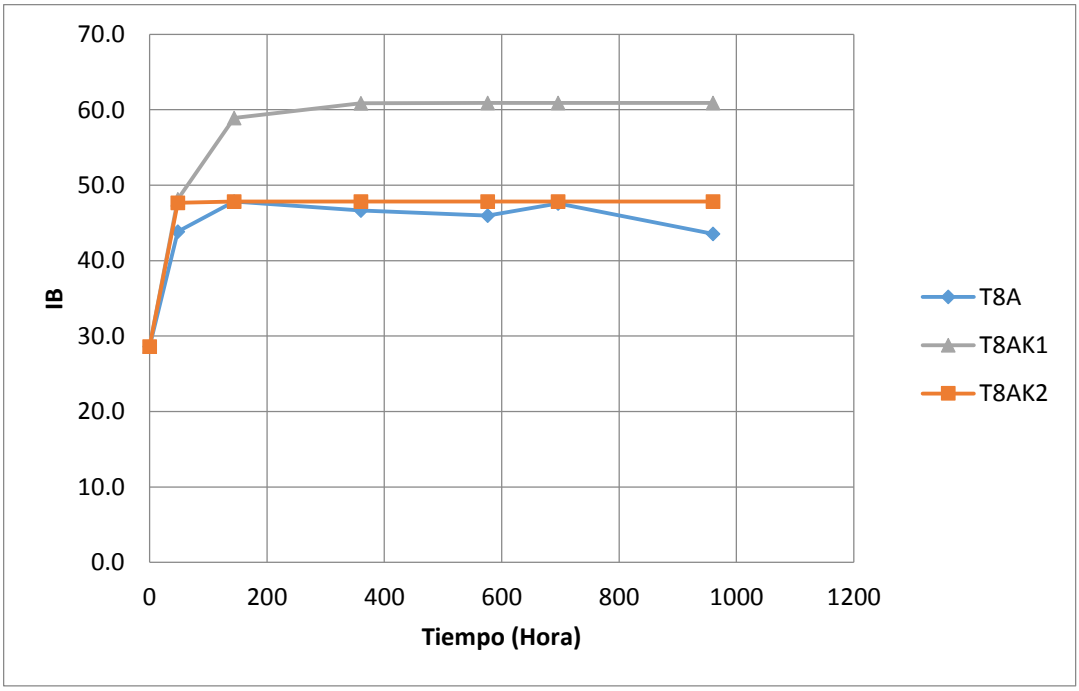


Figura 41: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T8A.

Cuadro 49: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T8A

FV	GL	SC	CM	F	P-valor

Tratamientos	6	4364,4	727,4	305,8	0.00
Error	105	249,8	2,4		
Total	111	4614,2			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T7 - T6	-4,0	4,0	1,63	S
T6 - T5	1,6	1,6	1,63	NS
T5 - T4	-0,7	0,7	1,63	NS
T4 - T3	-1,2	1,2	1,63	NS
T3 - T2	4,0	4,0	1,63	S
T2 - T1	15,2	15,2	1,63	S

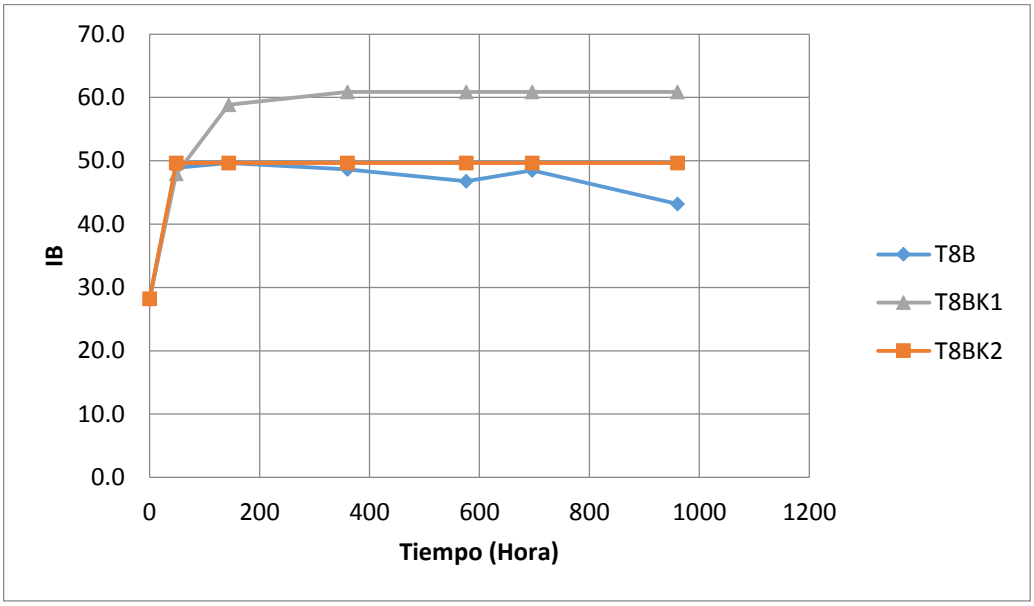


Figura 42: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T8B.

Cuadro 50: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T8B

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	6	5620,9	936,8	220,2	0,00
Error	105	446,8	4,3		
Total	111	6067,6			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T7 - T6	-5,3	5,3	2,19	S
T6 - T5	1,7	1,7	2,19	NS
T5 - T4	-1,9	1,9	2,19	NS

«continuación»

T4 - T3	-1,0	1,0	2,19	NS
T3 - T2	0,8	0,8	2,19	NS
T2 - T1	20,7	20,7	2,19	S

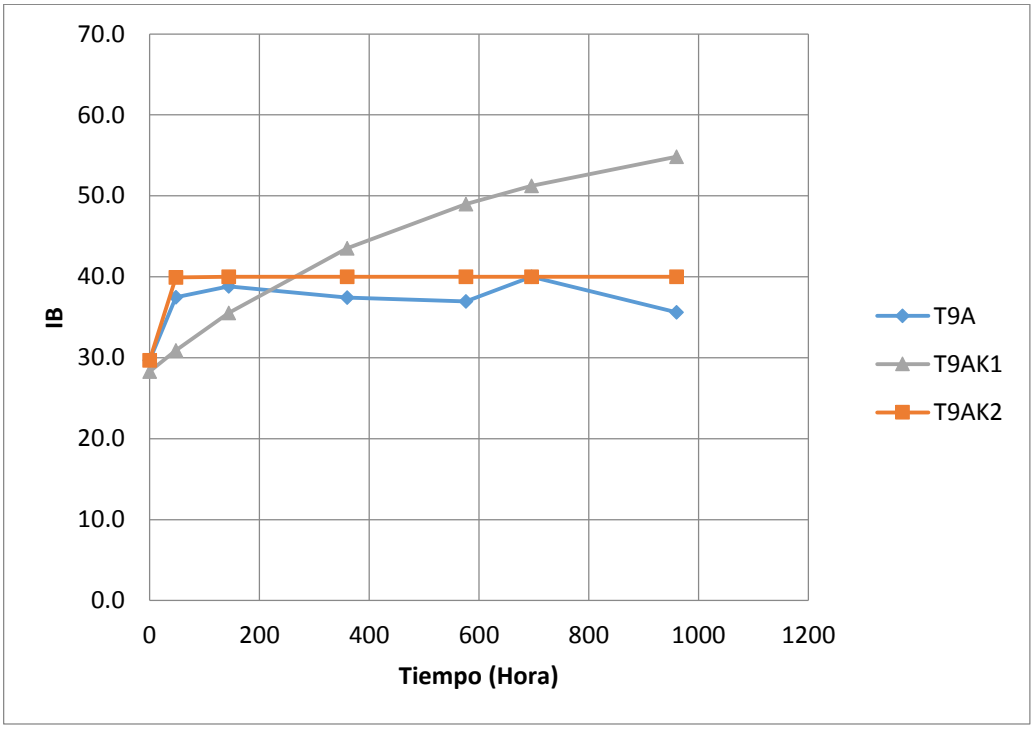


Figura 43: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T9A.

Cuadro 51: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T9A

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	6	1071,0	178,5	130,0	0,00
Error	105	144,2	1,4		
Total	111	1215,2			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T7 - T6	-4,4	4,4	1,24	S
T6 - T5	3,0	3,0	1,24	S
T5 - T4	-0,4	0,4	1,24	NS

«continuación»

T4 - T3	-1,4	1,4	1,24	S
T3 - T2	1,3	1,3	1,24	S
T2 - T1	7,8	7,8	1,24	S

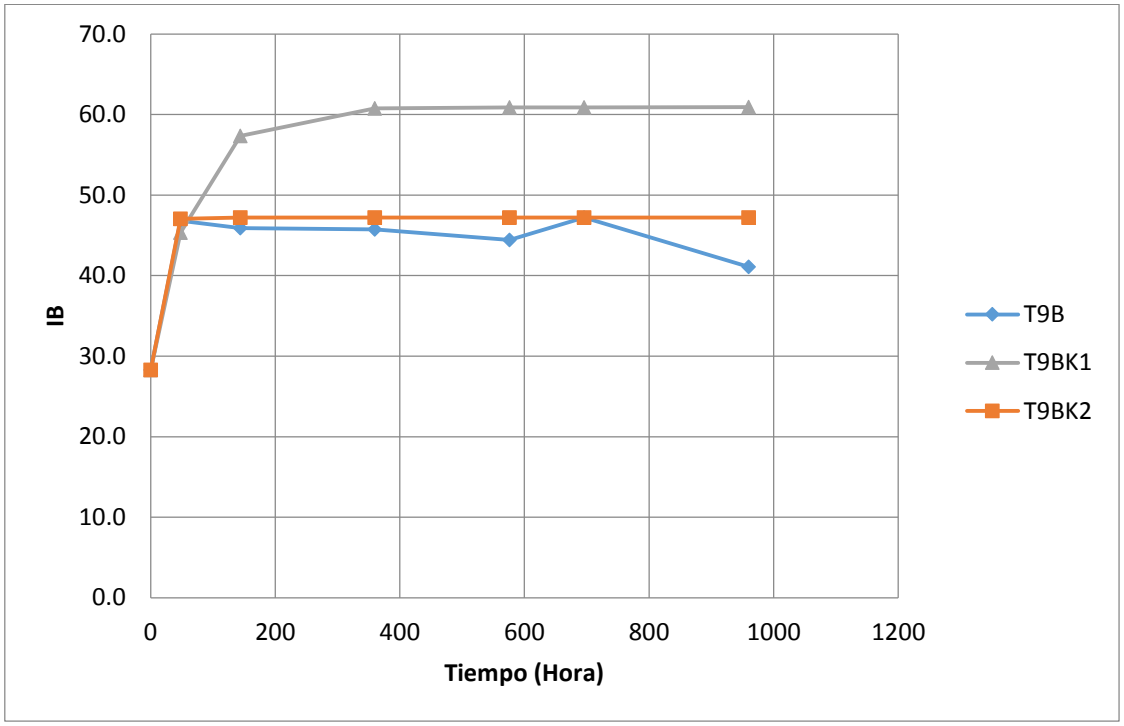


Figura 44: Escalonamiento de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento T9B.

Cuadro 52: ANVA y prueba de comparación Tukey de la prueba VNSC (variación no significativa en cinética) del tratamiento T9B

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Tratamientos	6	4314,5	719,1	758,2	0,00
Error	105	99,6	0,9		
Total	111	4414,0			

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T7 - T6	-6,1	6,1	1,03	S
T6 - T5	2,8	2,8	1,03	S
T5 - T4	-1,3	1,3	1,03	S

«continuación»

T4 - T3	-0,2	0,2	1,03	NS
T3 - T2	-0,8	0,8	1,03	NS
T2 - T1	18,4	18,4	1,03	S

En el cuadro 53 se presentan los componentes que conforman la función o modelo matemático que describe el comportamiento obtenido para cada tratamiento, donde el tiempo (θ) está en horas y los valores de la constante de reacción de K en (hora^{-1}).

En el cuadro 54 se observa los tratamientos y sus coeficientes de determinación. Luego del escalamiento se obtuvieron valores mayores a 0,90 para los tratamientos C1, C2, C3, M1, T7, T8 y T9, antes de este procedimiento ningún tratamiento tuvo $r^2 > 0,90$ (cuadro 25). Los tratamientos acelerados C1, C2, C3, M1, M2 y M3 con ciclos de temperatura 30 °C±1 °C (8 horas) y 20 °C±1 °C (16 horas), a distintos niveles de humedad relativa, obtuvieron valores de r^2 más altos al igual que los tratamientos por método constante de 28 °C de almacenamiento para 30; 50 y 70 por ciento de humedad relativa, teniendo en común estos tratamientos que después de 48 horas (2 ciclos) de realizada la primera medición las muestras llegaron a su índice de blancura final (IBf), luego se mantuvieron constantes o presentaron una variación no significativa del IB lo que indica un comportamiento de crecimiento exponencial, los tratamiento C1 y M2 fueron sometidos a las mismas condiciones por eso se consideran un mismo tratamiento al igual que el tratamiento C2 y M3.

Los tratamientos por método acelerado con ciclos de 28±1 ºC (8 horas) y 20±1 ºC (16 horas) obtuvieron menores valores de r^2 en comparación a los otros dos métodos acelerados, lo que podría ser atribuido a que se propició una menor formación de fase líquida de la manteca de cacao en la matriz de las muestras al estar a menores temperaturas desacelerando la eflorescencia grasa.

Cuadro 53: Valores de IB inicial y final, y K (h^{-1}) después del escalonamiento de las gráficas

TRATAMIENTO	CHOCOLATE A			CHOCOLATE B		
	IBf	IBi	K(h^{-1})	IBf	IBi	K(h^{-1})
C1	51,5	28,6	0,020	51,3	27,9	0,050
C2	40,3	29,0	0,015	43,4	28,0	0,200
C3	52,4	28,9	0,200	48,4	28,2	1,000
P1	33,5	28,8	0,010	36,9	28,6	0,012
P2	36,7	30,9	0,000	36,7	28,9	0,013
P3	34,2	29,6	0,012	34,6	29,1	0,020
M1	54,4	28,8	0,040	55,7	27,4	0,050
M2	47,7	28,4	0,070	51,0	27,4	0,250
M3	53,1	28,8	0,010	47,9	27,3	0,150
T1	30,3	30,0	0,000	29,2	28,8	0,000
T2	32,4	29,0	0,000	32,4	28,5	1,000
T3	32,8	29,2	1,000	31,8	29,0	1,000
T4	32,2	32,0	0,000	31,8	31,2	0,000
T5	43,0	29,3	0,000	43,2	28,1	0,000
T6	41,4	29,2	0,070	37,8	28,4	0,900
T7	44,1	28,7	0,090	53,1	27,0	0,100
T8	47,8	28,6	0,100	49,7	28,2	0,200
T9	40,0	29,7	0,100	47,2	28,3	0,100

Cuadro 54: Coeficiente de determinación para cada tratamiento después del escalonamiento de las gráficas

Tratamiento	Chocolate A			Chocolate B		
	r^2	P-Valor	K(h^{-1})	r^2	P-Valor	K(h^{-1})
C1	0,957	p > 0,05	0,020	0,965	p > 0,05	0,050
C2	0,835	p > 0,05	0,015	0,906	p > 0,05	0,200
C3	0,901	p > 0,05	0,200	0,787	p > 0,05	1,000
P1	0,645	p > 0,05	0,010	0,891	p > 0,05	0,012
P2	0,397	p > 0,05	0,000	0,672	p > 0,05	0,013
P3	0,484	p > 0,05	0,012	0,447	p > 0,05	0,020
M1	0,990	p > 0,05	0,040	0,991	p > 0,05	0,050
M2	0,949	p > 0,05	0,070	0,876	p > 0,05	0,250
M3	0,970	p > 0,05	0,010	0,733	p > 0,05	0,150
T1	0,096	p > 0,05	0,000	0,100	p < 0,05	0,000
T2	0,000	p > 0,05	0,000	0,070	p < 0,05	1,000
T3	0,012	p > 0,05	1,000	0,000	p > 0,05	1,000
T4	0,247	p > 0,05	0,000	0,372	p > 0,05	0,000
T5	0,052	p < 0,05	0,000	0,065	p < 0,05	0,000
T6	0,295	p > 0,05	0,070	0,177	p < 0,05	0,900
T7	0,910	p > 0,05	0,090	0,984	p > 0,05	0,100
T8	0,940	p > 0,05	0,100	0,920	p > 0,05	0,200
T9	0,826	p > 0,05	0,100	0,907	p > 0,05	0,100

Luego del escalonamiento se determinó el coeficiente de determinación para cada tratamiento donde se obtuvo que solo trece tratamientos se pudieron ajustar a la función exponencial invertida con un $r^2 > 0,90$.

4.5. PROCESO DE ITERACIÓN EN EL ESCALAMIENTO

Después de modelar la función cinética de eflorescencia grasa se construyó la gráfica para cada tratamiento (figura 45), donde M1A es la gráfica obtenida experimentalmente al trabajar a las condiciones del tratamiento M1 para el tipo de chocolate A, la gráfica M1A con coeficiente de reacción de eflorescencia grasa K1 es la obtenida por el modelamiento

matemático de los resultados experimentales y la M1A con coeficiente de reacción de eflorescencia grasa K2 se obtiene luego del escalamiento.

Cada tratamiento fue escalado a distintos valores de K hasta encontrar el que haga sobreponer las gráficas obtenidas experimentalmente y por modelamiento matemático. En el cuadro 53 se observa los nuevos valores de K para cada tratamiento. Se utilizó el método de escalada por pendiente en ascenso (Hill Climbing) que busca optimizar la respuesta utilizando indeterminadas iteraciones para encontrar la resultado más óptimo y tiene como característica no registrar los resultados anteriores (Villagarcia, 2011) y según Andreu (2000).

Adicionalmente se tomó como nuevo IBf (índice de blancura final) el máximo obtenido en cada tratamiento, reemplazando el valor de IBf antes asignado 60,9 que correspondía a la manteca de cacao utilizado en el modelamiento, ya que se observó que utilizando los valores máximos de IB se realizaba mejor escalonamiento de las gráficas obteniéndose mejores coeficientes de determinación (r^2).

Las gráficas fueron construidas en una hoja de cálculo Excel® utilizando una tabla de datos como se muestra en la figura 46. Los valores K1 (índice de blancura por modelamiento) y K2 (índice de blancura por escalonamiento) fueron obtenidos con la ecuación de Labuza (1982), donde se asumió para el escalonamiento como IB máximo al mayor obtenido experimentalmente y al IB inicial obtenido al iniciar el tratamiento.

En la celda E177 se introdujo el comando [=54.4-(54.4-28.8)*EXP(-K*B177)] como se observa en la figura 46, donde los valores de K fueron modificados de forma repetitiva siguiendo un proceso de iteración hasta aproximarse al coeficiente de determinación máximo. Los valores de K fueron modificados desde una tabla dentro de la misma hoja de cálculo como se muestra en la figura 47.

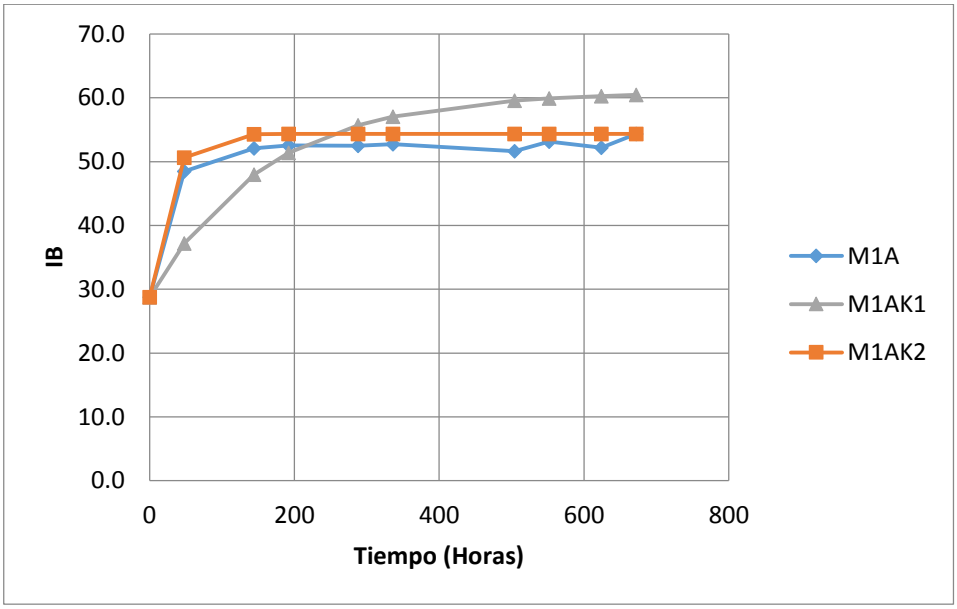
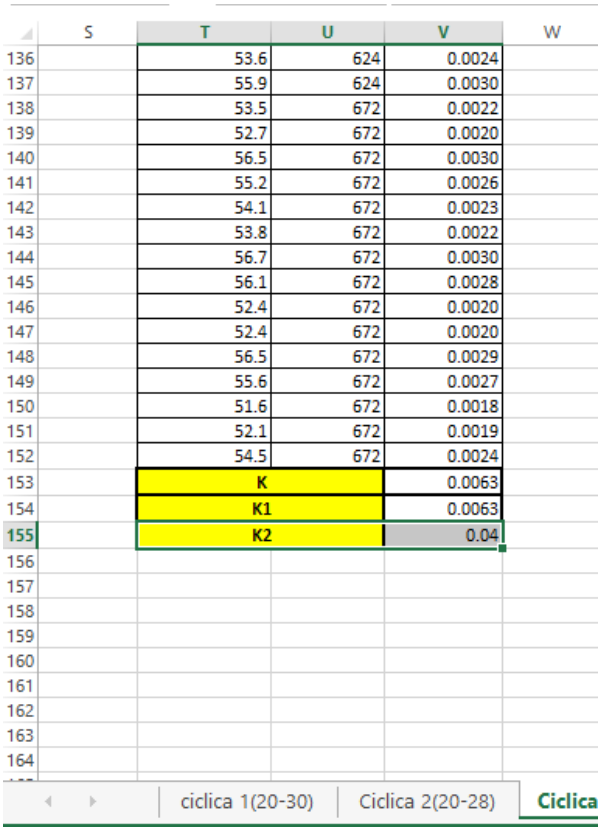


Figura 45: Cinética de eflorescencia grasa experimental, por modelamiento matemático y escalonamiento para el tratamiento M1A.

	A	B	C	D	E	F
174						
175		Tiempo	Tratamiento M1 A (HR=30%)			
176		Hora	IB exp	K1	K2	
177		0	29.0	28.8	28.8	
178		0	28.8	28.8	28.8	
179		0	28.7	28.8	28.8	
180		0	28.6	28.8	28.8	
181		0	28.9	28.8	28.8	
182		0	28.9	28.8	28.8	
183		0	28.5	28.8	28.8	
184		0	28.7	28.8	28.8	
185		0	29.0	28.8	28.8	
186		0	28.8	28.8	28.8	
187		0	28.5	28.8	28.8	
188		0	28.7	28.8	28.8	
189		0	28.9	28.8	28.8	
190		0	28.7	28.8	28.8	
191		0	28.7	28.8	28.8	
192		0	28.7	28.8	28.8	
193		48	50.2	37.2	50.6	
194		48	48.7	37.2	50.6	
195		48	45.3	37.2	50.6	
196		48	50.2	37.2	50.6	
197		48	48.9	37.2	50.6	
198		48	50.8	37.2	50.6	
199		48	46.6	37.2	50.6	
200		48	49.7	37.2	50.6	
201		48	50.6	37.2	50.6	
202		48	47.3	37.2	50.6	
203		48	45.0	37.2	50.6	

ciclica 1(20-30) | Ciclica 2(20-28) | **Ciclica 3(20-30)** | T(°C)=20

Figura 46: Tabla de datos para la construcción de gráfica de la cinética de eflorescencia grasa, tratamiento M1A.



	S	T	U	V	W
136		53.6	624	0.0024	
137		55.9	624	0.0030	
138		53.5	672	0.0022	
139		52.7	672	0.0020	
140		56.5	672	0.0030	
141		55.2	672	0.0026	
142		54.1	672	0.0023	
143		53.8	672	0.0022	
144		56.7	672	0.0030	
145		56.1	672	0.0028	
146		52.4	672	0.0020	
147		52.4	672	0.0020	
148		56.5	672	0.0029	
149		55.6	672	0.0027	
150		51.6	672	0.0018	
151		52.1	672	0.0019	
152		54.5	672	0.0024	
153		K		0.0063	
154		K1		0.0063	
155		K2		0.04	
156					
157					
158					
159					
160					
161					
162					
163					
164					

ciclica 1(20-30) | Ciclica 2(20-28) | Ciclica

Figura 47: Tabla de datos para la determinación del mayor valor de K.

Para ajustar el coeficiente de determinación se utilizó un método de iteración con el objetivo de alcanzar un $r^2 > 0{,}90$. Fidalgo (2012) define a la iteración como a la repetición de una acción dentro de un proceso condicionado, donde después de cada repetición se debe modificar un elemento para optimizar la respuesta.

La definición de Fidalgo (2012) se encuentra en el contexto de la programación de procesos que utilizan bucles o acciones repetidas sucesivamente para llegar a una respuesta óptima, donde se debe conocer el inicio del bucle, la sentencia (condición) y el final como se indica en la Figura 48. Para definir el valor de K requerido se utilizó un tipo de Bucle con iteraciones indeterminadas y se definió como el inicio del bucle el valor del coeficiente de determinación después del modelamiento, la sentencia la ecuación de cinética de eflorescencia grasa y el final del bucle el valor del coeficiente de determinación máximo para cada tratamiento.

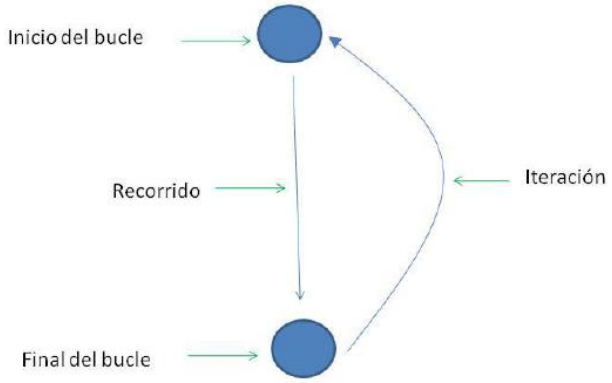


Figura 48: Concepto de Bucle.

Se construyó una gráfica en una hoja de cálculo Excel® donde se realizó la regresión lineal entre los IB experimentales y los obtenidos por escalonamiento (figura 49) a un valor K, dentro de la ecuación cinética de eflorescencia grasa que fue modificado hasta obtener el coeficiente de determinación máximo.

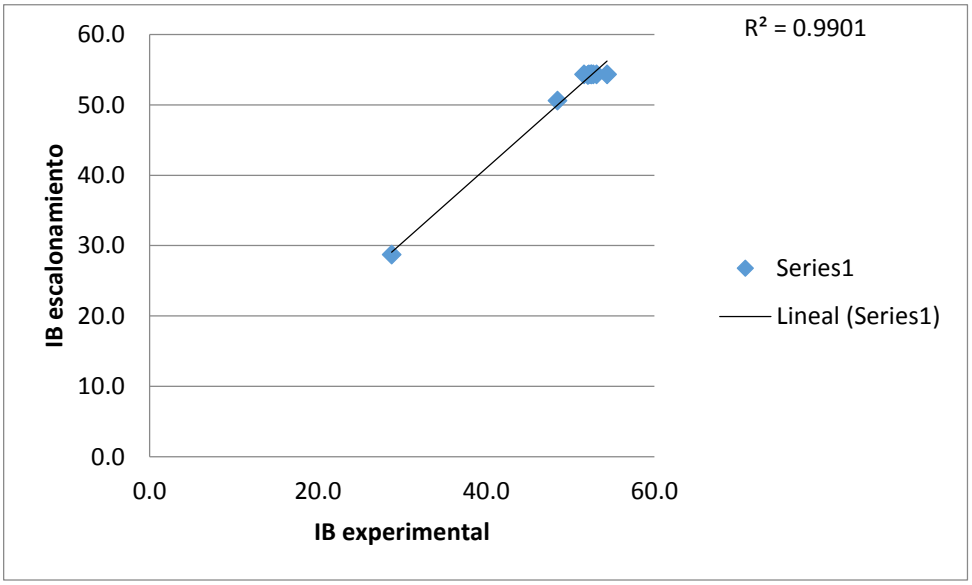


Figura 49: Regresión lineal entre los resultados del IB experimental y el IB de escalonamiento.

Después de llegar al coeficiente de determinación máximo los resultados fueron analizados en el paquete estadístico *STATGRAPHIC CENTURION* 16.1® para determinar el coeficiente de determinación y el p-valor de esta prueba como se muestran en la figura 50, para determinar el coeficiente de determinación de cinética de eflorescencia grasa para el

tratamiento M1A después de ser modelado matemáticamente y en la figura 51 para el tratamiento M1A después de ser escalonado.

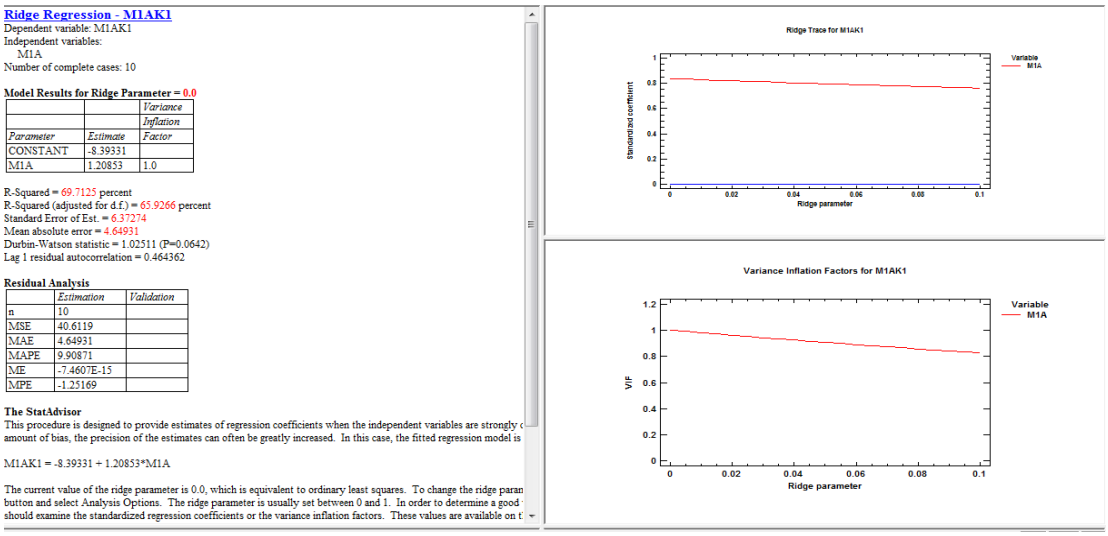


Figura 50: Coeficiente de determinación entre IB experimental y el IB modelado.

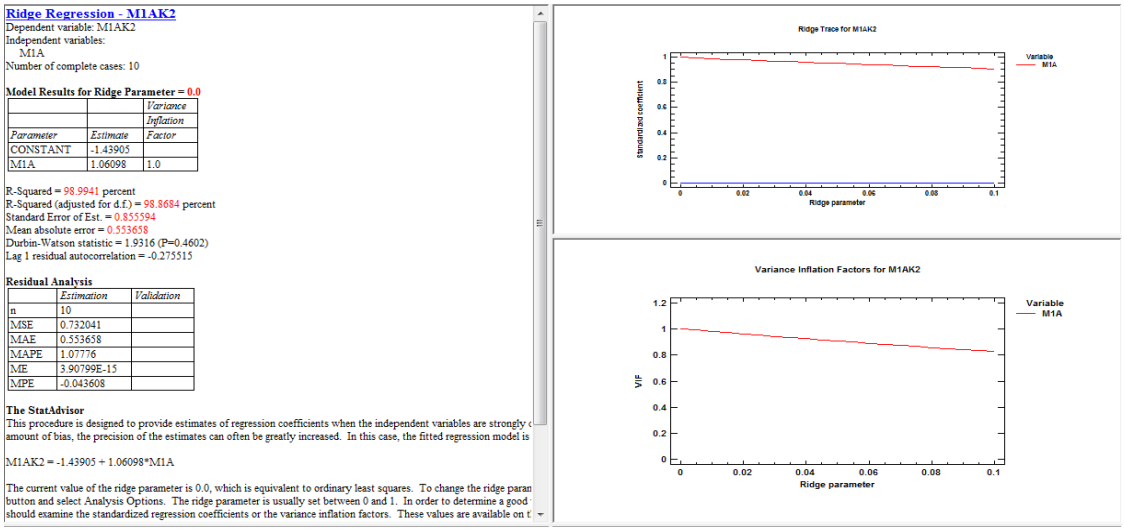


Figura 51: Coeficiente de determinación entre IB experimental y el IB escalonado.

4.6. DEFINICIÓN DE LA ECUACIÓN DE CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA

En el cuadro 54 se observan las ecuaciones de los tratamientos que después de ser escalados alcanzaron un coeficiente de determinación mayor a 0,90.

Cuadro 55: Ecuaciones modeladas para cada tratamiento con $r^2 > 0,90$

TRATAMIENTO	ECUACIÓN
C1 A	$IB=51.5-(51.5-28.6)e^{(-0.02*\Theta)}$
C1 B	$IB=51.3-(51.3-27.9)e^{(-0.05*\Theta)}$
C2 B	$IB=43.4-(43.4-28.0)e^{(-0.2*\Theta)}$
C3 A	$IB=52.4-(52.4-28.9)e^{(-0.2*\Theta)}$
M1 A	$IB=54.4-(54.4-28.8)e^{(-0.04*\Theta)}$
M1 B	$IB=55.7-(55.7-27.4)e^{(-0.05*\Theta)}$
M2 A	$IB=47.7-(47.7-28.4)e^{(-0.07*\Theta)}$
M3 A	$IB=53.1-(53.1-28.8)e^{(-0.01*\Theta)}$
T7 A	$IB=44.1-(44.1-28.7)e^{(-0.09*\Theta)}$
T7 B	$IB=53.1-(53.1-27.0)e^{(-0.1*\Theta)}$
T8 A	$IB=47.8-(47.8-28.6)e^{(-0.1*\Theta)}$
T8 B	$IB=49.7-(49.7-28.2)e^{(-0.2*\Theta)}$
T9 B	$IB=47.2-(47.2-28.3)e^{(-0.1*\Theta)}$

4.7. VALIDACIÓN DE LA CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA

Seaid y hensel (2012) el valor de la raíz cuadrada del error (RMSE) indica que tanto se ajustan los datos experimentales a los modelados en relación a la cantidad de puntos que tiene la gráfica, también se pueden hacer cálculos complementarios como el error de sesgo (MBE) que indica si el ajuste está sub estimado o sobre lo estimado.

Se realizó la validación de la cinética de eflorescencia grasa tomando como ejemplo el tratamiento C2B que obtuvo un coeficiente de determinación mayor a 0,90. Se utilizó la ecuación de raíz cuadrada del error:

$$\text{RMSE} = \frac{1}{\text{Cpo}} * \sqrt{\frac{1}{\text{N}} * \sum_{\text{i}=1}^{\text{N}} (m_e - m_p)^2}$$

Donde: C_{po} es la concentración de inicial de DPBD (difenilbutadieno); m_e es la concentración de DPBD experimental; m_p concentración de DPBD predicha; y N es el número de observaciones.

Para efectos de este trabajo, la determinación de la raíz cuadrada del error de la cinética de eflorescencia grasa que se aplicó fue la siguiente:

$$\text{RMSE} = \frac{1}{\text{IBi}} * \sqrt{\frac{1}{\text{N}} * \sum_{\text{i}=1}^{\text{N}} (\text{IBe} - \text{IBt})^2}$$

Donde: IBe es el índice de blancura experimental; IBt el índice de blancura teórico; y N el número de repeticiones.

El porcentaje de RMSE de 10,7 por ciento obtenido para el tratamiento C2B está próximo al límite superior del rango que Sanches *et al.* (2007) reporta para la validación de sus ensayos. En tal sentido, tales resultados de validación indican que el modelo cinético de eflorescencia grasa del tratamiento C2B se ajusta a los resultados experimentales.

Supachai (2008) reportó valores de porcentaje de RMSE cercanos a dos por ciento al validar la cinética de ganancia de humedad lo que a diferencia de esta investigación se aplicó una metodología de medición menos sensible que el empleado en esta investigación para medir el IB en base a los cambios del color (L*, a* y b*), lo que incrementó el grado de error al ser un método altamente sensible; tal argumento se sustenta en lo reportado por Nopens *et al.* (2008) que desarrollaron una metodología por métodos fotográficos para reducir el grado de error.

En la figura 52 se puede observar que el comportamiento de la cinética de eflorescencia grasa del tratamiento C2B presentó comportamiento similar a los resultados obtenidos teóricamente.

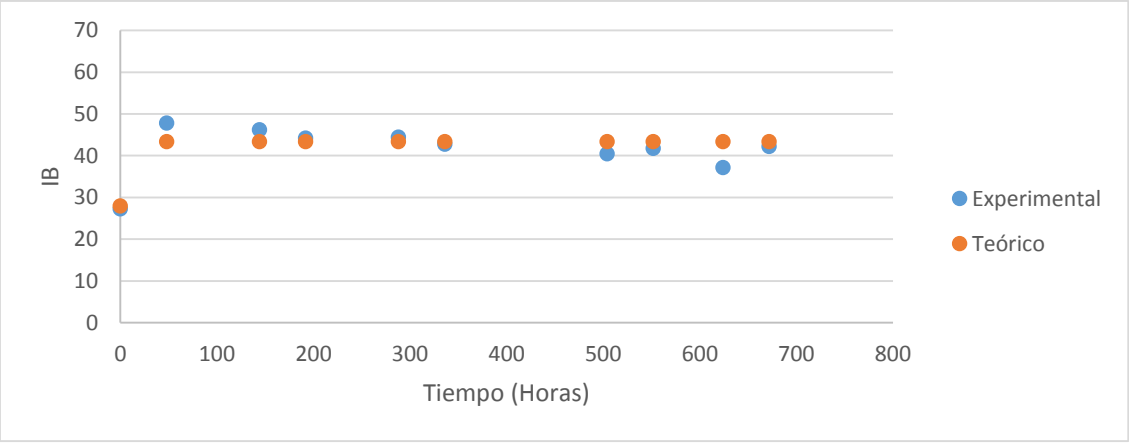


Figura 52: Validación de la cinética de eflorescencia grasa para el tratamiento C2B.

4.8. AJUSTE DE REGRESIÓN LINEAL PARA LOS MÉTODOS A TEMPERATURA CONSTANTE

Por regresión lineal se determinó la función que describe la eflorescencia grasa para los tratamientos sometidos a métodos constantes de temperatura de 20 y 24 °C, aplicando la siguiente ecuación:

$$IB = IBi + (\Delta IB/\Delta\theta)\,\theta$$

Dónde: IBi es el valor de blancura inicial; θ el tiempo en horas; y $(\Delta IB/\Delta\theta)$ es la pendiente de la ecuación.

4.8.1. RESULTADOS DEL MÉTODO DE TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO A 20 °C y 24 °C.

En el Cuadro 54 se presentan los valores del coeficiente de determinación menores a 0,10 ($r^2 < 0,10$) de los tratamientos T1A, T1B, T2A, T2B, T3A y T3B, con lo que se dedujo que la función exponencial inversa no explicaba el comportamiento de eflorescencia grasa bajo estas condiciones de almacenamiento. Si bien no se presentó la eflorescencia grasa en tales tratamientos, se podía observar que los valores de IB tenían una posible tendencia a describir una función lineal. Es así que se decidió aplicar un ajuste a estos valores experimentales obteniéndose las gráficas que se presentan en las Anexo 46, Anexo 47, Anexo 48, Anexo 49, Anexo 50, Anexo 51 y Anexo 52 para los tratamientos T1A, T1B, T2A, T2B, T3A y T3B respectivamente.

En el Cuadro 99 se presentan los valores del coeficiente de determinación menores a 0,40 ($r^2 < 0,40$) de los tratamientos T4A, T4B, T5A, T5B, T6A y T6B, con lo que se dedujo que la función exponencial inversa no explicaba el comportamiento de eflorescencia grasa bajo estas condiciones de almacenamiento. Si bien no se presentó la eflorescencia grasa en tales tratamientos, se podía observar que los valores de IB tenían una posible tendencia a describir una función lineal. Es así que se decidió aplicar un ajuste a estos valores experimentales obteniéndose las gráficas que se presentan en las Anexo 53, Anexo 54, Anexo 55, Anexo 56, Anexo 57, Anexo 58 y Anexo 59 para los tratamientos T4A, T4B, T5A, T5B, T6A y T6B respectivamente.

En el cuadro 56 se observa que mediante la regresión lineal aplicada a los valores de IB de los tratamientos a temperatura constante de 20 y 24 °C se obtuvieron coeficientes de determinación entre 0,01 y 0,72 al ser ajustados a una función lineal. De aquí se deduce que

todos los tratamientos no presentaron el mismo comportamiento de cinética de eflorescencia grasa, siendo el tratamiento T4A el que obtuvo el mejor ajuste ($r^2 > 0,72$).

Cuadro 56: Ecuaciones de cinética de eflorescencia grasa y correspondientes coeficientes de determinación para los tratamientos a temperatura constante de 20 y 24 °C

TRATAMIENTO	CHOCOLATE A		CHOCOLATE B	
	Ecuación	r^2	Ecuación	r^2
T1	IB=30 - 0,0006*Θ	0,68	IB=29 - 0,0007*Θ	0,57
T2	IB=28 - 0,0003*Θ	0,16	IB=29 - 0,0005*Θ	0,19
T3	IB=28 - 0,0004*Θ	0,19	IB=28 - 0,0003*Θ	0,13
T4	IB=32 - 0,0023*Θ	0,72	IB=32 - 0,0021*Θ	0,59
T5	IB=31 - 0,0003*Θ	0,05	IB=30 - 0,0001*Θ	0,01
T6	IB=32 + 0,0001*Θ	0,27	IB=30 + 0,0008*Θ	0,27

4.9. CONTENIDO GRASO EN EL CHOCOLATE OSCURO PERUANO AL FINALIZAR LOS TRATAMIENTOS

Al analizar los chocolates A y B en el cuadro 57 se observa que existe una disminución del contenido graso que contienen las muestras al finalizar los tratamientos, lo que podría explicarse al considerar la ganancia de humedad que han tenido las muestras durante el almacenamiento.

Cuadro 57: Contenido de grasa total en chocolate oscuro antes y después del tratamiento

TRATAMIENTO	GRASA (% P/P) INICIAL	GRASA (% P/P) FINAL
C1 A	30,71	30,25
C1 B	42,34	41,82
C2 B	42,34	41,42
C3 A	30,71	30,14
M1 A	30,71	30,18
M1 B	42,34	41,37
M2 A	30,71	30,65
M3 A	30,71	30,13

«continuación»

T7 A	30,71	30,40
T7 B	42,34	41,91
T8 A	30,71	30,52
T8 B	42,34	41,92
T9 B	42,34	41,70

V. CONCLUSIONES

- Por análisis proximal se caracterizó la muestra estudiada, donde la muestra con mayor contenido de cacao Chocolate B (70 % de solidos de cacao) presentó mayor contenido graso 42,34 por ciento mientras que el Chocolate A (45 % de sólidos de cacao) presentó 30,71 por ciento de grasa.

- La humedad relativa no tuvo influencia significativa ($p > 0,05$) en la eflorescencia grasa.

- La eflorescencia grasa para los tratamientos que aplicaron el método acelerado y los de almacenamiento constante a 28 °C, fue modelada ($r^2 > 0,90$) con una función exponencial inversa del tipo $IB = IBf - (IBf - IBi)\ e^{-k\theta}$, donde se asumió que el IBf (índice de blancura final) corresponde al valor de la manteca de cacao.

- Por VNSC se determinó que los tratamientos acelerados presentaron eflorescencia grasa después de 48 horas de iniciados, mientras que a temperaturas constantes de 20 y 24 °C de almacenamiento no se observó eflorescencia grasa después de cinco meses de almacenamiento.

VI. RECOMENDACIONES

- Se debe trabajar a humedades relativas por debajo de 70 por ciento para evitar el crecimiento de hongos y mohos en la superficie de la muestra ya que interfieren con las mediciones, esto fue reflejado en que las curvas para los tratamientos de 70 y 90 por ciento de humedad relativa que no presentaron estabilidad al ser analizadas por el VNSC y Tukey.

- Utilizar lo reportado en la presente investigación en estudios de vida de anaquel de chocolate oscuro peruano.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC international. 1999. Aproved method of analysis. 11th Edit.. ST Paul, MN, USA.

Ali A.; Selamat, J.; Che-Man, Y.; Suria, A. 2001. Effect of storage temperature on texture, polymorphic structure, bloom formation and sensory attributes of filed dark chocolate. Food Chemistry 72:491-497.

AOAC. 2005. Official methods of analysis of association of AOAC international. 18th Edition, Maryland, USA.

Afokawa, E; Paterson, A; Fowler, M; Vierira J. 2012. Fat bloom development and structure-appearance relationship during storage under tempered dark chocolates. Journal of food engineering 91:571-5814.

Álvarez, C; Pérez, E; Lares M. 2007. Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua. Agronomía tropical 57(4):249-256.

Hernandez, J. 2000. Desarrollo, implementación y prueba de un algoritmo de reconstrucción de objetivos a partir de una presentación axonométrica, utilizando técnicas de optimización. Valencia, España, Universidad Politecnica de Valencia.

Aurand, L; Woods, A; Wells, M. 1987. Food composition and analysis. New York, USA, Springer Science & Business Media.

Ayala, J; Pardo, R. 1995. Optimización por diseños experimentales con aplicaciones en ingeniería. Lima, Perú, CONCYTEC.

Becket, S. 2009. Industrial chocolate manufacture and use. John Wiley & Sons.

Bricknell, J; Hartel, R. 1998. Relation of fat bloom in chocolate to polymorphic transition of cocoa butter. Journal of the American Oil Chemists' Society 75(11):1609-1615.

Briones, V; Aguilera, JM; Brown, C. 2006. Effect of surface topography on color and gloss of chocolate samples. Journal of food engineering 77(4):776-783.

Briones, V; Aguilera, J. 2005. Image analysis of changes in surface color of chocolate. Food research international 38(1):87-94.

Cebula, DJ; Ziegleder, G. 1993. Studies of bloom formation using X-Ray diffraction from chocolates after long-term storage. European journal of lipid science and technology 95(9):340-343.

Chica, C; Osorio, S. 2003. Determinación del Tiempo de Vida en Anaquel del Chocolate de Mesa sin Azúcar en una Película de Polipropileno Biorientado. Tesis Ing. Manizales, Colombia, Universidad Nacional de Colombia.

Chire, G; Hartel, R. 2011. Efectos de diferentes emulsificantes en las propiedades reologicas y la eflorescencia grasa del chocolate oscuro. Anales Científicos UNALM 72(1), 1-12.

Codini, M; Díaz, V; Ghirardi, M; Villavicencio. 2004. Obtención y utilización de la manteca de cacao. Invenio: Revista de investigación académica (12):143-148.

Cuamba, G. 2008. Caracterización de grasas alternativas a la manteca de cacao. Tesis M.Sc. México, Instituto Politécnico Nacional.

Dahlenborg, H. 2014. Fat Bloom on Confectionery Sistems from core to surfaces. Tesis Ph.D. Lund, Sweden, Lund University.

Dahlenborg, H; Millqvist-Fureby, A; Bergenstahl, B. 2015. Effect of particle size in chocolate Shell in oil migration and fat bloom development. Journal of Food Engineering, 146:172-181.

Deman, J. 1999. Principles of food chemistry. 3 ed. Maryland, USA, AVI Publishing Co.

Doutre–Roussel, C. 2007. Chocolate para entendidos: Guía el buen Gourmet. Barcelona, España, Robinbook.

Fidalgo Blanco, Angel. 2012. Innovación Educativa, Introducción a la algoritmia (en línea). Madrid, España. Consultado 28 nov. 2015. Disponible en https://innovacioneducativa.wordpress.com/2012/10/09/introduccion-a-la-algoritmia/

Flores, M. 2014. Efecto de la sustitución de manteca de cacao por grasa de almendra de mango/oleína de palma sobre las propiedades físicas y aceptabilidad general de cobertura sabor a chocolate. Tesis Ing. Trujillo, Perú, UPAO.

Fraizer, A; Hartel, R. 2012. Bloom in chocolate chips baked in cookies. Food reseach international 48(2):380-386.

Galdámez, R; Szlachetka, K; Duda, L; Ziegler, G. 2008. Oil migration in chocolate: a case of non-fickian diffusion. Journal of food engineering 92(3):261-268.

Geankoplis C. 2009. Procesos de transporte y principios de procesos de separación. México, Editorial Patria.

Ghosh, V; Ziegler, G; Anantheswaran, R. 2005. Moisture migration through chocolate-flavored confectionery coatings. Journal of food engineering 66(2):177-186.

INDECOPI. 2012. Chocolate: requisitos. NTP 208.002. 4ta Edición. Lima, Perú.

INS. 2009. Tabla de Composición de Alimentos. 8va Edición. Lima, Perú.

Kilcast, D; Subramaniam, P. 2000. The stability and shelf-life of food. Cambridge England. 22 p.

Kirk, RS; Sawyer, R; Egan, H. 1996. Composición y análisis de alimentos de Pearson. Segunda edición. México, CECSA.

Lawless, H; Heymann, H. 1999. Sensory evaluation of food: principles and practices. Maryland, USA, Springer Science & Business Media.

Labuza, T. 1982. Moisture gain and loss in packaged foods. USA, Food Technology.

Lohman, M; Hartel, R. 1994. Effect of milk fat fractions on fat bloom in dark chocolate. Journal of the American Oil Chemists' Society 71(3):267-276.

Mexis, S.; Badeka, A.; Riganakos, K; Kontominas, M. 2010. Effect of active and modified atmosphere packing on quality retention of dark chocolates with hazelnuts. Innovative Food Science & Emerging Technologies 11(1):177-186.

Nielsen, S. 2003. Food Analisys. 3 ed. New York, USA, Kluwer Academic Plenum Publishers.

Nollet, LML. 1996. Handbook of Food Analysis. Nueva York, USA, M. Dekker.

Nopens, I; Foubert, I; De Greaf, V; Van Laere, D; Dewttinck, K; Vangrolleghem, P. 2008. Automated analysis tool for fat bloom evaluation of chocolate coated food products. LWT-Food Science and Technology 41(10):1884-1891.

OEPM. 2001. Método para retrasar la eflorescencia de grasa en masas de confitería con base grasa. ES2158926 T3. Madrid, España.

Pastor, C. 2010. Recubrimientos comestibles a base hidroxipropil metilcelulosa caracterización y aplicación. Tesis Ph.D. Valencia, España, Universidad Politecnica de Valencia.

Pastor, C; Santamaría, J; Chiralt, A; Aguilera, J. 2007. Gloss and colour of dark chocolate during storage. Food science and technology international 13(1):27-34.

Prieto, J; Prieto, F; Román, A; Otazo, E; Méndez. 2012. Correlación de modelos matemáticos de adsorción de humedad en cereales para desayuno. Avances en Ciencias e Ingeniería 3(1):137-150.

Prosky, L; Asp, NG; Furda, I; DeVries, JW; Schweizer, TF; Harland, B.F. 1984. Determination of total dietary fiber in foods and food products: collaborative study. Journal-Association of official analytical chemists 68(4):677-679.

Rubio, D. 2004. Determinación del tiempo óptimo de homogenización de partículas en un mezclador de volteo tipo pantalón. Tesis Ing. Lima, Perú, UNALM.

Sanches, S; Cruz, F; Sendón, G; Franz, R; Paseiro, L. 2007. Time–temperature study of the kinetics of migration of DPBD from plastics into chocolate, chocolate spread and margarine. Food research international 40(6):679-686.

Seid, RM; Hensel, O. 2012. Experimental evaluation sorption isotherms of chili pepper: an Ethiopian variety, Mareko fana (Capsicum annun L.). Agricultural Engineering International: CIGR Journal 14(4):163-172.

Shadwell, N; Villalobos, F; Kern, M; Young, H. 2013. Blooming reduces the antioxidant capacity of dark chocolate in rats without its capacity to improve lipid profiles. Nutrition research 33(5):414-421

Soriano, M. 2010. Propuesta del diseño de experimentos, para aumentar el tiempo de vida y brillo en el chocolate oscuro en una empresa chocolatera. Tesis M.Sc. México, Instituto politécnico nacional.

Subramanian, P; Robert, C; Kilcast, D; Jones, S. 1999. Accelerated shelf-life testing of chocolate products. 738.

Supachai, P. 2008. Shelf life analysis of hot curry cubes. Asia J. Food Agro-Ind 1:43-50.

Timms, R. 2012. Oil and fat interaction. *In* Production Conference. Proc 56th, Hershey, PA. 43-57.

Torres, M. 2012. Influencia de las características y procesado del grano del cacao (*Theobroma cacao*) en la Composición físico-química y Propiedades Sensoriales del Chocolates. Tesis Ph.D. Reus, España, Universidad de Vic.

Villagarcia-Vicente, R. 2011. Optimización evolutiva de distancias para clasificadores basados en prototipos. Tesis Lic. Madrid, España, Universidad Carlos III.

Wille, R; Lutton, E. 1966. Polymorphism of cocoa butter. Journal of the american oil chemists society 43(8):491-496.

Zarringhalami, S; Sahari, MA; Barzegar, M; Hamidi-Esfehani, Z. 2010. Enzymatically modified tea seed oil as cocoa butter replacer in dark chocolate. International journal of food science & technology 45(3):540-545.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: MÉTODOS ACELERADOS Y CONSTANTES PARA DETERMINAR LA CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA

TRATAMIENTO	% HR	% CACAO	FRECUENCIA*	CICLO
C1A	50	45	3	30 ± 1ºC x 8 h y 20 ± 1ºC x16 h
C1B	50	70	3	30 ± 1ºC x 8 h y 20 ± 1ºC x16 h
C2A	70	45	3	30 ± 1ºC x 8 h y 20 ± 1ºC x16 h
C2B	70	70	3	30 ± 1ºC x 8 h y 20 ± 1ºC x16 h
C3A	90	45	3	30 ± 1ºC x 8 h y 20 ± 1ºC x16 h
C3B	90	70	3	30 ± 1ºC x 8 h y 20 ± 1ºC x16 h
P1A	30	45	3	28 ± 1ºC x 8 h y 20 ± 1ºC x16 h
P1B	30	70	3	28 ± 1ºC x 8 h y 20 ± 1ºC x16 h
P2A	50	45	3	28 ± 1ºC x 8 h y 20 ± 1ºC x16 h
P2B	50	70	3	28 ± 1ºC x 8 h y 20 ± 1ºC x16 h
P3A	70	45	3	28 ± 1ºC x 8 h y 20 ± 1ºC x16 h
P3B	70	70	3	28 ± 1ºC x 8 h y 20 ± 1ºC x16 h
M1A	30	45	3	30 ± 1ºC x 8 h y 20 ± 1ºC x16 h
M1B	30	70	3	30 ± 1ºC x 8 h y 20 ± 1ºC x16 h
M2A	50	45	3	30 ± 1ºC x 8 h y 20 ± 1ºC x16 h
M2B	50	70	3	30 ± 1ºC x 8 h y 20 ± 1ºC x16 h
M3A	70	45	3	30 ± 1ºC x 8 h y 20 ± 1ºC x16 h
M3B	70	70	3	30 ± 1ºC x 8 h y 20 ± 1ºC x16 h
T1A	30	45	1	20±1ºC
T1B	30	70	1	20±1ºC
T2A	50	45	1	20±1ºC
T2B	50	70	1	20±1ºC
T3A	70	45	1	20±1ºC
T3B	70	70	1	20±1ºC
T4A	30	45	1	24±1ºC
T4B	30	70	1	24±1ºC
T5A	50	45	1	24±1ºC
T5B	50	70	1	24±1ºC
T6A	70	45	1	24±1ºC
T6B	70	70	1	24±1ºC

«continuación»

T7A	30	45	1	28±1ºC
T7B	30	70	1	28±1ºC
T8A	50	45	1	28±1ºC
T8B	50	70	1	28±1ºC
T9A	70	45	1	28±1ºC
T9B	70	70	1	28±1ºC

*La frecuencia representa las veces por semana que se recogieron los datos

ANEXO 2: CUADRO DE DATOS PARA ANVA EN UN ARREGLO DBCA DE LOS TRATAMIENTOS C1A, C1B, C2A, C2B, C3A Y C3B AL FINALIZAR LOS TRATAMIENTOS Y EN EL PUNTO DONDE LAS GRÁFICAS CAMBIAN DE TENDENCIA

BLOQUE	T1	T2	T3
A	51,5	40,3	47,2
B	51,3	42,1	41,3

RESUMEN	CUENTA	SUMA	PROMEDIO	VARIANZA
Chocolate A	3	139,00	46,33	31,92
Chocolate B	3	134,70	44,90	30,88
HR= 50%	2	102,80	51,40	0,02
HR= 70%	2	82,40	41,20	1,62
HR= 90%	2	88,50	44,25	17,41

FV	GL	SC	PC	Fcal	Prob	Ftab
Tratamiento	2	109,64	54,82	6,87	0,13	19,00
Bloque	1	3,08	3,08	0,39	0,60	18,51
Error	2	15,96	7,98			
Total	5	128,69				

BLOQUE	T1	T2	T3
A	44,5	35,9	52,4
B	48,1	43,4	48,4

RESUMEN	CUENTA	SUMA	PROMEDIO	VARIANZA
Chocolate A	3	132,80	44,27	68,10
Chocolate B	3	139,90	46,63	7,86
HR= 30%	2	92,60	46,30	6,48
HR= 50%	2	79,30	39,65	28,13
HR= 70%	2	100,80	50,40	8,00

FV	GL	SC	PC	Fcal	Prob	Ftab
Tratamiento	2	117,73	58,87	3,44	0,23	19,00
Bloque	1	8,40	8,40	0,49	0,56	18,51
Error	2	34,20	17,10			
Total	5	160,34				

ANEXO 3: CUADRO DE DATOS PARA ANVA EN UN ARREGLO DBCA DE LOS TRATAMIENTOS P1A, P1B, P2A, P2B, P3A Y P3B AL FINALIZAR LOS TRATAMIENTOS Y EN EL PUNTO DONDE LAS GRÁFICAS CAMBIAN DE TENDENCIA

FINAL	T1	T2	T3
A	33,3	33,8	33,8
B	35	34,7	33,1

RESUMEN	CUENTA	SUMA	PROMEDIO	VARIANZA
Chocolate A	3	100,90	33,63	0,08
Chocolate B	3	102,80	34,27	1,04
HR= 30%	2	68,30	34,15	1,45
HR= 50%	2	68,50	34,25	0,41
HR= 70%	2	66,90	33,45	0,24

FV	GL	SC	PC	Fcal	Prob	Ftab
Tratamiento	2	0,76	0,38	0,51	0,66	19,00
Bloque	1	0,60	0,60	0,81	0,46	18,51
Error	2	1,49	0,75			
Total	5	2,86				

BLOQUE	T1	T2	T3
A	33,3	33,8	33,8
B	35	34,7	33,1

RESUMEN	CUENTA	SUMA	PROMEDIO	VARIANZA
Chocolate A	3	100,90	33,63	0,08
Chocolate B	3	102,80	34,27	1,04
HR= 30%	2	68,30	34,15	1,45
HR= 50%	2	68,50	34,25	0,41
HR= 70%	2	66,90	33,45	0,24

FV	GL	SC	PC	Fcal	Prob	Ftab
Tratamiento	2	0,76	0,38	0,51	0,66	19,00
Bloque	1	0,60	0,60	0,81	0,46	18,51
Error	2	1,49	0,75			
Total	5	2,86				

ANEXO 4: CUADRO DE DATOS PARA ANVA EN UN ARREGLO DBCA DE LOS TRATAMIENTOS M1A, M1B, M2A, M2B, M3A Y M3B AL FINALIZAR LOS TRATAMIENTOS Y EN EL PUNTO DONDE LAS GRÁFICAS CAMBIAN DE TENDENCIA

FINAL	T1	T2	T3
A	54,4	47,7	53,1
B	55,7	47,4	42,3

RESUMEN	CUENTA	SUMA	PROMEDIO	VARIANZA
Chocolate A	3	155,20	51,73	12,62
Chocolate B	3	145,40	48,47	45,74
HR= 30%	2	110,10	55,05	0,85
HR= 50%	2	95,10	47,55	0,05
HR= 70%	2	95,40	47,70	58,32

FV	GL	SC	PC	Fcal	Prob	Ftab
Tratamiento	2	73,53	36,77	1,70	0,37	19,00
Bloque	1	16,01	16,01	0,74	0,48	18,51
Error	2	43,20	21,60			
Total	5	132,74				

BLOQUE	T1	T2	T3
A	48,5	47,7	35,6
B	52,8	51	47,9

RESUMEN	CUENTA	SUMA	PROMEDIO	VARIANZA
Chocolate A	3	131,80	43,93	52,24
Chocolate B	3	151,70	50,57	6,14
HR= 30%	2	101,30	50,65	9,24
HR= 50%	2	98,70	49,35	5,44
HR= 70%	2	83,50	41,75	75,65

FV	GL	SC	PC	Fcal	Prob	Ftab
Tratamiento	2	92,44	46,22	3,80	0,21	19,00
Bloque	1	66,00	66,00	5,42	0,15	18,51
Error	2	24,33	12,17			
Total	5	182,78				

ANEXO 5: CUADRO DE DATOS PARA ANVA EN UN ARREGLO DBCA DE LOS TRATAMIENTOS T4A, T4B, T5A, T5B, T6A Y T6B AL FINALIZAR LOS TRATAMIENTOS

BLOQUE	T1	T2	T3
A	28,8	30,2	33,5
B	28,4	29,5	32,1

RESUMEN	CUENTA	SUMA	PROMEDIO	VARIANZA
Chocolate A	3	92,50	30,83	5,82
Chocolate B	3	90,00	30,00	3,61
HR= 30%	2	57,20	28,60	0,08
HR= 50%	2	59,70	29,85	0,24
HR= 70%	2	65,60	32,80	0,98

FV	GL	SC	PC	Fcal	Prob	Ftab
Tratamiento	2	18,60	9,30	70,65	0,01	19,00
Bloque	1	1,04	1,04	7,91	0,11	18,51
Error	2	0,26	0,13			
Total	5	19,91				

ANEXO 6: CUADRO DE DATOS PARA ANVA EN UN ARREGLO DBCA DE LOS TRATAMIENTOS T7A, T7B, T8A, T8B, T9A Y T9B AL FINALIZAR LOS TRATAMIENTOS Y EN EL PUNTO DONDE LAS GRÁFICAS CAMBIAN DE TENDENCIA

FINAL	T1	T2	T3
A	40,1	43,5	35,6
B	49,4	43,2	41,1

RESUMEN	CUENTA	SUMA	PROMEDIO	VARIANZA
Chocolate A	3	119,20	39,73	15,70
Chocolate B	3	133,70	44,57	18,62
HR= 30%	2	89,50	44,75	43,24
HR= 50%	2	86,70	43,35	0,04
HR= 70%	2	76,70	38,35	15,13

FV	GL	SC	PC	Fcal	Prob	Ftab
Tratamiento	2	45,28	22,64	1,94	0,34	19,00
Bloque	1	35,04	35,04	3,00	0,23	18,51
Error	2	23,37	11,69			
Total	5	103,70				

BLOQUE	T1	T2	T3
A	41,4	43,8	37,5
B	52,4	48,9	46,7

RESUMEN	CUENTA	SUMA	PROMEDIO	VARIANZA
Chocolate A	3	122,70	40,90	10,11
Chocolate B	3	148,00	49,33	8,26
HR= 30%	2	93,80	46,90	60,50
HR= 50%	2	92,70	46,35	13,01
HR= 70%	2	84,20	42,10	42,32

FV	GL	SC	PC	Fcal	Prob	Ftab
Tratamiento	2	45,28	22,64	1,94	0,34	19,00
Bloque	1	35,04	35,04	3,00	0,23	18,51
Error	2	23,37	11,69			
Total	5	103,70				

ANEXO 7: RESULTADOS EXPERIMENTALES, MODELADOS Y ESCALONADOS DE LOS TRATAMIENTOS C1A, C1B, C2A, C2B, C3A Y C3B

REP.	ÁNG.	HORA	C1						C2						C3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	0	0	28	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R2	0	0	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28	29	29	29	29	28	28
R3	0	0	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R4	0	0	28	29	29	27	28	28	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R1	90	0	28	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R2	90	0	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28	29	29	29	29	28	28
R3	90	0	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R4	90	0	29	29	29	27	28	28	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R1	180	0	28	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28

REP.	ÁNG.	HORA	C1						C2						C3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	180	0	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28	29	29	29	29	28	28

«continuación»

R3	180	0	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R4	180	0	28	29	29	27	28	28	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R1	270	0	28	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R2	270	0	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28	29	29	29	29	28	28
R3	270	0	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R4	270	0	29	29	29	27	28	28	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R1	0	72	44	38	46	48	39	51	35	33	36	41	35	43	51	40	52	48	38	48
R2	0	72	41	38	46	48	39	51	35	33	36	43	35	43	52	40	52	49	38	48

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**C1**						**C2**						**C3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R3	0	72	44	38	46	47	39	51	34	33	36	45	35	43	53	40	52	47	38	48
R4	0	72	49	38	46	48	39	51	40	33	36	45	35	43	54	40	52	50	38	48
R1	90	72	45	38	46	48	39	51	35	33	36	42	35	43	51	40	52	48	38	48
R2	90	72	40	38	46	48	39	51	35	33	36	42	35	43	52	40	52	49	38	48
R3	90	72	44	38	46	48	39	51	34	33	36	44	35	43	52	40	52	47	38	48
R4	90	72	49	38	46	48	39	51	40	33	36	44	35	43	54	40	52	50	38	48
R1	180	72	46	38	46	48	39	51	35	33	36	42	35	43	51	40	52	48	38	48

«continuación»

R2	180	72	40	38	46	48	39	51	35	33	36	42	35	43	52	40	52	48	38	48
R3	180	72	45	38	46	48	39	51	34	33	36	44	35	43	53	40	52	46	38	48

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**C1**						**C2**						**C3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R4	180	72	49	38	46	48	39	51	41	33	36	45	35	43	54	40	52	50	38	48
R1	270	72	45	38	46	48	39	51	35	33	36	42	35	43	51	40	52	48	38	48
R2	270	72	40	38	46	48	39	51	35	33	36	43	35	43	52	40	52	48	38	48
R3	270	72	45	38	46	48	39	51	33	33	36	45	35	43	53	40	52	49	38	48
R4	270	72	49	38	46	48	39	51	40	33	36	44	35	43	53	40	52	50	38	48
R1	0	120	44	43	49	47	45	51	36	35	38	39	39	43	44	45	52	47	42	48
R2	0	120	44	43	49	49	45	51	36	35	38	41	39	43	44	45	52	49	42	48
R3	0	120	47	43	49	49	45	51	35	35	38	43	39	43	47	45	52	49	42	48
R4	0	120	50	43	49	49	45	51	41	35	38	43	39	43	50	45	52	49	42	48

REP.	ÁNG.	HORA	C1						C2						C3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	90	120	44	43	49	47	45	51	36	35	38	39	39	43	44	45	52	47	42	48
R2	90	120	43	43	49	48	45	51	36	35	38	41	39	43	43	45	52	48	42	48
R3	90	120	46	43	49	49	45	51	34	35	38	43	39	43	46	45	52	49	42	48
R4	90	120	50	43	49	49	45	51	41	35	38	44	39	43	50	45	52	49	42	48
R1	180	120	44	43	49	47	45	51	36	35	38	39	39	43	44	45	52	47	42	48
R2	180	120	43	43	49	49	45	51	36	35	38	41	39	43	43	45	52	49	42	48
R3	180	120	47	43	49	48	45	51	35	35	38	43	39	43	47	45	52	48	42	48
R4	180	120	50	43	49	49	45	51	42	35	38	44	39	43	50	45	52	49	42	48
R1	270	120	44	43	49	47	45	51	36	35	38	39	39	43	44	45	52	47	42	48

REP.	ÁNG.	HORA	C1						C2						C3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	270	120	44	43	49	48	45	51	36	35	38	40	39	43	44	45	52	48	42	48
R3	270	120	47	43	49	49	45	51	35	35	38	43	39	43	47	45	52	49	42	48
R4	270	120	50	43	49	48	45	51	41	35	38	44	39	43	50	45	52	48	42	48

«continuación»

R1	0	168	47	47	51	49	49	51	38	37	39	41	42	43	48	49	52	45	46	48
R2	0	168	47	47	51	50	49	51	37	37	39	42	42	43	49	49	52	45	46	48
R3	0	168	49	47	51	50	49	51	37	37	39	45	42	43	49	49	52	44	46	48
R4	0	168	52	47	51	50	49	51	43	37	39	45	42	43	52	49	52	47	46	48
R1	90	168	47	47	51	49	49	51	38	37	39	41	42	43	48	49	52	45	46	48
R2	90	168	47	47	51	50	49	51	38	37	39	42	42	43	49	49	52	45	46	48

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**C1**						**C2**						**C3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R3	90	168	49	47	51	50	49	51	37	37	39	45	42	43	49	49	52	44	46	48
R4	90	168	52	47	51	51	49	51	43	37	39	44	42	43	52	49	52	47	46	48
R1	180	168	47	47	51	49	49	51	39	37	39	41	42	43	48	49	52	45	46	48
R2	180	168	47	47	51	50	49	51	38	37	39	42	42	43	49	49	52	44	46	48
R3	180	168	50	47	51	49	49	51	37	37	39	44	42	43	49	49	52	42	46	48
R4	180	168	52	47	51	50	49	51	43	37	39	46	42	43	52	49	52	47	46	48
R1	270	168	47	47	51	49	49	51	38	37	39	41	42	43	48	49	52	45	46	48
R2	270	168	47	47	51	51	49	51	38	37	39	42	42	43	49	49	52	44	46	48
R3	270	168	49	47	51	50	49	51	38	37	39	45	42	43	49	49	52	44	46	48

REP.	ÁNG.	HORA	C1						C2						C3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R4	270	168	52	47	51	50	49	51	43	37	39	46	42	43	52	49	52	47	46	48
R1	0	240	44	51	51	47	53	51	35	40	40	37	46	43	45	53	52	41	50	48
R2	0	240	45	51	51	49	53	51	35	40	40	38	46	43	47	53	52	41	50	48
R3	0	240	48	51	51	48	53	51	36	40	40	41	46	43	46	53	52	40	50	48
R4	0	240	51	51	51	48	53	51	40	40	40	41	46	43	48	53	52	44	50	48
R1	90	240	45	51	51	47	53	51	35	40	40	37	46	43	45	53	52	41	50	48
R2	90	240	46	51	51	49	53	51	35	40	40	38	46	43	47	53	52	41	50	48
R3	90	240	49	51	51	48	53	51	37	40	40	40	46	43	46	53	52	41	50	48
R4	90	240	51	51	51	48	53	51	40	40	40	41	46	43	47	53	52	43	50	48

REP.	ÁNG.	HORA	C1						C2						C3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	180	240	45	51	51	47	53	51	35	40	40	37	46	43	45	53	52	41	50	48
R2	180	240	45	51	51	49	53	51	36	40	40	38	46	43	47	53	52	41	50	48
R3	180	240	48	51	51	47	53	51	35	40	40	40	46	43	46	53	52	38	50	48

«continuación»

R4	180	240	51	51	51	48	53	51	40	40	40	41	46	43	47	53	52	44	50	48
R1	270	240	45	51	51	47	53	51	35	40	40	37	46	43	45	53	52	41	50	48
R2	270	240	45	51	51	49	53	51	35	40	40	37	46	43	47	53	52	41	50	48
R3	270	240	48	51	51	48	53	51	36	40	40	40	46	43	46	53	52	39	50	48
R4	270	240	51	51	51	48	53	51	40	40	40	42	46	43	48	53	52	43	50	48
R1	0	288	45	53	51	47	55	51	35	42	40	37	48	43	45	55	52	41	52	48

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**C1**						**C2**						**C3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R2	0	288	45	53	51	49	55	51	36	42	40	38	48	43	47	55	52	41	52	48
R3	0	288	48	53	51	48	55	51	34	42	40	41	48	43	46	55	52	40	52	48
R4	0	288	51	53	51	48	55	51	39	42	40	41	48	43	48	55	52	44	52	48
R1	90	288	47	53	51	47	55	51	35	42	40	37	48	43	45	55	52	41	52	48
R2	90	288	45	53	51	48	55	51	36	42	40	38	48	43	47	55	52	41	52	48
R3	90	288	48	53	51	47	55	51	35	42	40	41	48	43	46	55	52	41	52	48
R4	90	288	51	53	51	48	55	51	40	42	40	41	48	43	47	55	52	43	52	48
R1	180	288	45	53	51	47	55	51	35	42	40	37	48	43	45	55	52	41	52	48
R2	180	288	45	53	51	49	55	51	36	42	40	39	48	43	47	55	52	41	52	48

REP.	ÁNG.	HORA	C1						C2						C3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R3	180	288	48	53	51	46	55	51	35	42	40	41	48	43	46	55	52	38	52	48
R4	180	288	51	53	51	48	55	51	39	42	40	41	48	43	47	55	52	44	52	48
R1	270	288	46	53	51	47	55	51	35	42	40	37	48	43	45	55	52	41	52	48
R2	270	288	45	53	51	48	55	51	36	42	40	38	48	43	47	55	52	41	52	48
R3	270	288	48	53	51	47	55	51	35	42	40	41	48	43	46	55	52	39	52	48
R4	270	288	51	53	51	48	55	51	39	42	40	41	48	43	48	55	52	43	52	48
R1	0	336	50	55	52	51	56	51	40	43	40	42	50	43	49	57	52	45	54	48
R2	0	336	49	55	52	52	56	51	40	43	40	41	50	43	50	57	52	45	54	48
R3	0	336	50	55	52	52	56	51	39	43	40	43	50	43	49	57	52	43	54	48

REP.	ÁNG.	HORA	C1						C2						C3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R4	0	336	54	55	52	51	56	51	42	43	40	43	50	43	51	57	52	47	54	48
R1	90	336	50	55	52	51	56	51	40	43	40	41	50	43	49	57	52	45	54	48
R2	90	336	49	55	52	52	56	51	40	43	40	41	50	43	50	57	52	45	54	48

«continuación»

R3	90	336	50	55	52	51	56	51	39	43	40	43	50	43	50	57	52	44	54	48
R4	90	336	54	55	52	51	56	51	42	43	40	43	50	43	51	57	52	47	54	48
R1	180	336	48	55	52	51	56	51	40	43	40	41	50	43	49	57	52	45	54	48
R2	180	336	49	55	52	52	56	51	41	43	40	40	50	43	50	57	52	45	54	48
R3	180	336	50	55	52	50	56	51	39	43	40	42	50	43	50	57	52	43	54	48
R4	180	336	54	55	52	51	56	51	42	43	40	43	50	43	51	57	52	47	54	48

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**C1**						**C2**						**C3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R1	270	336	49	55	52	51	56	51	40	43	40	41	50	43	49	57	52	45	54	48
R2	270	336	49	55	52	52	56	51	40	43	40	40	50	43	50	57	52	45	54	48
R3	270	336	50	55	52	51	56	51	38	43	40	43	50	43	50	57	52	44	54	48
R4	270	336	53	55	52	51	56	51	42	43	40	44	50	43	51	57	52	47	54	48
R1	0	504	50	58	52	51	59	51	39	48	40	41	55	43	44	59	52	42	58	48
R2	0	504	50	58	52	52	59	51	40	48	40	40	55	43	48	59	52	42	58	48
R3	0	504	52	58	52	51	59	51	39	48	40	43	55	43	48	59	52	42	58	48
R4	0	504	55	58	52	52	59	51	42	48	40	44	55	43	49	59	52	40	58	48
R1	90	504	52	58	52	51	59	51	39	48	40	41	55	43	45	59	52	42	58	48

REP.	ÁNG.	HORA	C1						C2						C3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	90	504	50	58	52	52	59	51	40	48	40	41	55	43	48	59	52	42	58	48
R3	90	504	51	58	52	51	59	51	39	48	40	43	55	43	48	59	52	42	58	48
R4	90	504	55	58	52	52	59	51	42	48	40	43	55	43	49	59	52	40	58	48
R1	180	504	49	58	52	51	59	51	39	48	40	42	55	43	45	59	52	42	58	48
R2	180	504	50	58	52	52	59	51	40	48	40	41	55	43	48	59	52	42	58	48
R3	180	504	51	58	52	51	59	51	39	48	40	43	55	43	48	59	52	42	58	48
R4	90	504	50	58	52	52	59	51	40	48	40	41	55	43	48	59	52	42	58	48
R1	90	504	51	58	52	51	59	51	39	48	40	43	55	43	48	59	52	42	58	48
R2	90	504	55	58	52	52	59	51	42	48	40	43	55	43	49	59	52	40	58	48

REP.	ÁNG.	HORA	C1						C2						C3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	90	504	50	58	52	52	59	51	40	48	40	41	55	43	48	59	52	42	58	48
R3	90	504	51	58	52	51	59	51	39	48	40	43	55	43	48	59	52	42	58	48
R4	90	504	55	58	52	52	59	51	42	48	40	43	55	43	49	59	52	40	58	48

«continuación»

R1	180	504	49	58	52	51	59	51	39	48	40	42	55	43	45	59	52	42	58	48
R2	180	504	50	58	52	52	59	51	40	48	40	41	55	43	48	59	52	42	58	48
R3	180	504	51	58	52	51	59	51	39	48	40	43	55	43	48	59	52	42	58	48
R4	180	504	55	58	52	52	59	51	43	48	40	44	55	43	48	59	52	39	58	48
R1	270	504	49	58	52	51	59	51	39	48	40	42	55	43	45	59	52	42	58	48
R2	270	504	50	58	52	52	59	51	40	48	40	41	55	43	48	59	52	42	58	48

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**C1**						**C2**						**C3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R3	270	504	51	58	52	51	59	51	39	48	40	43	55	43	48	59	52	42	58	48
R4	270	504	55	58	52	52	59	51	43	48	40	43	55	43	49	59	52	40	58	48

ANEXO 8: RESULTADOS EXPERIMENTALES, MODELADOS Y ESCALONADOS DE LOS TRATAMIENTOS P1A, P1B, P2A, P2B, P3A Y P3B.

REP.	ÁNG.	HORA	P1						P2						P3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	0	0	29	29	29	28	29	29	31	31	31	29	29	29	30	30	30	29	29	29
R2	0	0	29	29	29	28	29	29	31	31	31	29	29	29	30	30	30	29	29	29
R3	0	0	29	29	29	29	29	29	31	31	31	29	29	29	30	30	30	29	29	29
R4	0	0	29	29	29	29	29	29	31	31	31	29	29	29	29	30	30	29	29	29
R1	90	0	29	29	29	28	29	29	31	31	31	29	29	29	30	30	30	29	29	29
R2	90	0	29	29	29	28	29	29	31	31	31	29	29	29	30	30	30	29	29	29
R3	90	0	29	29	29	29	29	29	31	31	31	29	29	29	30	30	30	29	29	29
R4	90	0	29	29	29	29	29	29	31	31	31	29	29	29	29	30	30	29	29	29
R1	180	0	29	29	29	28	29	29	31	31	31	29	29	29	30	30	30	29	29	29

REP.	ÁNG.	HORA	P1						P2						P3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	180	0	29	29	29	28	29	29	31	31	31	29	29	29	30	30	30	29	29	29

«continuación»

R3	180	0	29	29	29	29	29	29	31	31	31	29	29	29	30	30	30	29	29	29
R4	180	0	29	29	29	29	29	29	31	31	31	29	29	29	29	30	30	29	29	29
R1	270	0	29	29	29	28	29	29	31	31	31	29	29	29	30	30	30	29	29	29
R2	270	0	29	29	29	28	29	29	31	31	31	29	29	29	30	30	30	29	29	29
R3	270	0	29	29	29	29	29	29	31	31	31	29	29	29	30	30	30	29	29	29
R4	270	0	29	29	29	29	29	29	31	31	31	29	29	29	29	30	30	29	29	29
R1	0	48	29	29	31	29	30	33	29	31	31	36	30	33	30	30	33	31	30	32
R2	0	48	30	29	31	38	30	33	30	31	31	31	30	33	29	30	33	32	30	32

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**P1**						**P2**						**P3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R3	0	48	30	29	31	32	30	33	30	31	31	28	30	33	30	30	33	30	30	32
R4	0	48	30	29	31	28	30	33	30	31	31	28	30	33	29	30	33	30	30	32
R1	90	48	29	29	31	29	30	33	30	31	31	35	30	33	30	30	33	31	30	32
R2	90	48	30	29	31	38	30	33	30	31	31	31	30	33	29	30	33	32	30	32
R3	90	48	30	29	31	32	30	33	30	31	31	28	30	33	30	30	33	30	30	32
R4	90	48	30	29	31	29	30	33	30	31	31	28	30	33	29	30	33	31	30	32

«continuación»

R1	180	48	29	29	31	29	30	33	30	31	31	35	30	33	30	30	33	31	30	32
R2	180	48	30	29	31	38	30	33	30	31	31	31	30	33	29	30	33	32	30	32
R3	180	48	29	29	31	32	30	33	30	31	31	28	30	33	30	30	33	30	30	32

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**P1**						**P2**						**P3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R4	180	48	30	29	31	28	30	33	30	31	31	28	30	33	29	30	33	30	30	32
R1	270	48	29	29	31	29	30	33	30	31	31	35	30	33	30	30	33	31	30	32
R2	270	48	30	29	31	38	30	33	30	31	31	31	30	33	29	30	33	32	30	32
R3	270	48	29	29	31	32	30	33	29	31	31	28	30	33	30	30	33	30	30	32
R4	270	48	30	29	31	28	30	33	30	31	31	28	30	33	29	30	33	30	30	32
R1	0	96	31	30	32	30	31	35	31	31	31	38	31	34	32	30	35	33	30	34
R2	0	96	31	30	32	43	31	35	30	31	31	32	31	34	31	30	35	37	30	34
R3	0	96	31	30	32	34	31	35	30	31	31	32	31	34	31	30	35	34	30	34
R4	0	96	31	30	32	30	31	35	31	31	31	30	31	34	31	30	35	30	30	34

REP.	ÁNG.	HORA	P1						P2						P3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	90	96	31	30	32	30	31	35	31	31	31	37	31	34	32	30	35	33	30	34
R2	90	96	31	30	32	43	31	35	31	31	31	32	31	34	32	30	35	36	30	34
R3	90	96	31	30	32	34	31	35	30	31	31	32	31	34	31	30	35	34	30	34
R4	90	96	31	30	32	30	31	35	31	31	31	30	31	34	31	30	35	30	30	34
R1	180	96	31	30	32	30	31	35	31	31	31	37	31	34	32	30	35	33	30	34
R2	180	96	31	30	32	43	31	35	31	31	31	32	31	34	31	30	35	36	30	34
R3	180	96	31	30	32	33	31	35	30	31	31	31	31	34	31	30	35	33	30	34
R4	180	96	31	30	32	30	31	35	31	31	31	29	31	34	31	30	35	30	30	34
R1	270	96	31	30	32	30	31	35	31	31	31	37	31	34	32	30	35	33	30	34

REP.	ÁNG.	HORA	P1						P2						P3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	270	96	31	30	32	43	31	35	31	31	31	31	31	34	31	30	35	36	30	34
R3	270	96	31	30	32	33	31	35	30	31	31	31	31	34	31	30	35	33	30	34
R4	270	96	31	30	32	30	31	35	31	31	31	29	31	34	31	30	35	30	30	34

«continuación»

R1	0	168	31	30	33	30	33	36	32	31	31	39	32	36	33	31	36	34	31	34
R2	0	168	31	30	33	43	33	36	32	31	31	34	32	36	32	31	36	37	31	34
R3	0	168	31	30	33	34	33	36	33	31	31	34	32	36	32	31	36	34	31	34
R4	0	168	31	30	33	30	33	36	31	31	31	31	32	36	32	31	36	31	31	34
R1	90	168	31	30	33	30	33	36	32	31	31	39	32	36	33	31	36	34	31	34
R2	90	168	31	30	33	43	33	36	32	31	31	34	32	36	32	31	36	37	31	34

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**P1**						**P2**						**P3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R3	90	168	31	30	33	34	33	36	32	31	31	34	32	36	32	31	36	34	31	34
R4	90	168	31	30	33	30	33	36	31	31	31	31	32	36	32	31	36	31	31	34
R1	180	168	31	30	33	30	33	36	32	31	31	39	32	36	33	31	36	34	31	34
R2	180	168	31	30	33	43	33	36	32	31	31	34	32	36	32	31	36	37	31	34
R3	180	168	31	30	33	33	33	36	32	31	31	34	32	36	32	31	36	35	31	34
R4	180	168	31	30	33	30	33	36	32	31	31	31	32	36	32	31	36	31	31	34
R1	270	168	31	30	33	30	33	36	32	31	31	39	32	36	33	31	36	34	31	34
R2	270	168	31	30	33	43	33	36	32	31	31	33	32	36	32	31	36	37	31	34
R3	270	168	31	30	33	33	33	36	32	31	31	35	32	36	32	31	36	34	31	34

REP.	ÁNG.	HORA	P1						P2						P3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R4	270	168	31	30	33	30	33	36	32	31	31	31	32	36	32	31	36	31	31	34
R1	0	216	31	31	33	45	34	37	31	31	31	38	33	36	33	31	37	32	32	35
R2	0	216	31	31	33	30	34	37	30	31	31	32	33	36	37	31	37	32	32	35
R3	0	216	31	31	33	35	34	37	31	31	31	34	33	36	30	31	37	32	32	35
R4	0	216	32	31	33	30	34	37	30	31	31	29	33	36	34	31	37	32	32	35
R1	90	216	31	31	33	45	34	37	31	31	31	38	33	36	33	31	37	32	32	35
R2	90	216	31	31	33	30	34	37	30	31	31	32	33	36	37	31	37	32	32	35
R3	90	216	31	31	33	36	34	37	31	31	31	34	33	36	30	31	37	32	32	35
R4	90	216	31	31	33	30	34	37	30	31	31	29	33	36	34	31	37	32	32	35

REP.	ÁNG.	HORA	P1						P2						P3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	180	216	31	31	33	45	34	37	31	31	31	38	33	36	33	31	37	32	32	35
R2	180	216	31	31	33	30	34	37	31	31	31	32	33	36	37	31	37	32	32	35
R3	180	216	31	31	33	35	34	37	31	31	31	34	33	36	30	31	37	32	32	35

«continuación»

R4	180	216	32	31	33	30	34	37	30	31	31	30	33	36	35	31	37	32	32	35
R1	270	216	31	31	33	45	34	37	31	31	31	38	33	36	33	31	37	32	32	35
R2	270	216	31	31	33	30	34	37	31	31	31	32	33	36	36	31	37	32	32	35
R3	270	216	31	31	33	35	34	37	31	31	31	33	33	36	30	31	37	33	32	35
R4	270	216	32	31	33	30	34	37	30	31	31	29	33	36	34	31	37	32	32	35
R1	0	288	31	31	33	46	36	37	31	31	32	39	34	37	34	32	37	33	33	35

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**P1**						**P2**						**P3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R2	0	288	32	31	33	31	36	37	31	31	32	33	34	37	36	32	37	39	33	35
R3	0	288	31	31	33	37	36	37	31	31	32	35	34	37	35	32	37	35	33	35
R4	0	288	32	31	33	31	36	37	31	31	32	30	34	37	33	32	37	31	33	35
R1	90	288	31	31	33	46	36	37	31	31	32	38	34	37	34	32	37	33	33	35
R2	90	288	32	31	33	31	36	37	31	31	32	33	34	37	36	32	37	39	33	35
R3	90	288	31	31	33	37	36	37	32	31	32	36	34	37	35	32	37	35	33	35
R4	90	288	32	31	33	31	36	37	30	31	32	30	34	37	33	32	37	31	33	35
R1	180	288	31	31	33	46	36	37	32	31	32	39	34	37	34	32	37	33	33	35
R2	180	288	32	31	33	31	36	37	31	31	32	33	34	37	36	32	37	38	33	35

REP.	ÁNG.	HORA	P1						P2						P3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R3	180	288	32	31	33	37	36	37	31	31	32	35	34	37	35	32	37	35	33	35
R4	180	288	32	31	33	31	36	37	31	31	32	30	34	37	33	32	37	31	33	35
R1	270	288	31	31	33	46	36	37	32	31	32	39	34	37	34	32	37	33	33	35
R2	270	288	32	31	33	31	36	37	31	31	32	33	34	37	35	32	37	38	33	35
R3	270	288	32	31	33	36	36	37	31	31	32	35	34	37	35	32	37	36	33	35
R4	270	288	32	31	33	31	36	37	31	31	32	31	34	37	33	32	37	31	33	35
R1	0	456	31	32	33	45	39	37	30	31	32	38	36	37	31	33	37	31	35	35
R2	0	456	31	32	33	30	39	37	30	31	32	33	36	37	33	33	37	35	35	35
R3	0	456	31	32	33	38	39	37	30	31	32	35	36	37	32	33	37	32	35	35

REP.	ÁNG.	HORA	P1						P2						P3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R4	0	456	31	32	33	30	39	37	29	31	32	29	36	37	31	33	37	31	35	35
R1	90	456	31	32	33	45	39	37	30	31	32	38	36	37	32	33	37	31	35	35
R2	90	456	31	32	33	30	39	37	30	31	32	33	36	37	33	33	37	35	35	35

«continuación»

R3	90	456	31	32	33	37	39	37	30	31	32	35	36	37	32	33	37	32	35	35
R4	90	456	31	32	33	30	39	37	29	31	32	29	36	37	31	33	37	31	35	35
R1	180	456	31	32	33	45	39	37	30	31	32	39	36	37	32	33	37	31	35	35
R2	180	456	31	32	33	30	39	37	30	31	32	34	36	37	33	33	37	35	35	35
R3	180	456	31	32	33	37	39	37	30	31	32	35	36	37	32	33	37	32	35	35
R4	180	456	31	32	33	30	39	37	29	31	32	29	36	37	31	33	37	31	35	35

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**P1**						**P2**						**P3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R1	270	456	31	32	33	45	39	37	30	31	32	39	36	37	32	33	37	31	35	35
R2	270	456	31	32	33	30	39	37	30	31	32	33	36	37	33	33	37	35	35	35
R3	270	456	31	32	33	37	39	37	30	31	32	35	36	37	32	33	37	32	35	35
R4	270	456	31	32	33	30	39	37	29	31	32	30	36	37	31	33	37	31	35	35
R1	0	504	32	33	33	46	40	37	31	31	32	39	37	37	32	33	37	32	35	35
R2	0	504	33	33	33	31	40	37	31	31	32	34	37	37	33	33	37	32	35	35
R3	0	504	33	33	33	39	40	37	31	31	32	36	37	37	33	33	37	33	35	35
R4	0	504	33	33	33	31	40	37	30	31	32	30	37	37	32	33	37	29	35	35
R1	90	504	32	33	33	46	40	37	31	31	32	39	37	37	32	33	37	32	35	35

REP.	ÁNG.	HORA	P1						P2						P3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	90	504	32	33	33	32	40	37	31	31	32	35	37	37	34	33	37	32	35	35
R3	90	504	33	33	33	39	40	37	31	31	32	36	37	37	33	33	37	32	35	35
R4	90	504	33	33	33	32	40	37	30	31	32	30	37	37	32	33	37	30	35	35
R1	180	504	32	33	33	46	40	37	31	31	32	39	37	37	32	33	37	32	35	35
R2	180	504	33	33	33	32	40	37	31	31	32	34	37	37	34	33	37	32	35	35
R3	180	504	33	33	33	38	40	37	31	31	32	36	37	37	33	33	37	33	35	35
R4	180	504	33	33	33	31	40	37	31	31	32	30	37	37	32	33	37	30	35	35
R1	270	504	32	33	33	46	40	37	31	31	32	39	37	37	32	33	37	32	35	35
R2	270	504	33	33	33	32	40	37	31	31	32	34	37	37	33	33	37	32	35	35

REP.	ÁNG.	HORA	P1						P2						P3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R3	270	504	33	33	33	38	40	37	31	31	32	36	37	37	33	33	37	33	35	35
R4	270	504	33	33	33	32	40	37	31	31	32	30	37	37	32	33	37	30	35	35
R1	0	552	32	33	33	46	41	37	30	31	32	38	37	37	32	33	38	35	36	35

«continuación»

R2	0	552	32	33	33	31	41	37	30	31	32	34	37	37	33	33	38	32	36	35
R3	0	552	32	33	33	38	41	37	30	31	32	36	37	37	31	33	38	32	36	35
R4	0	552	32	33	33	31	41	37	30	31	32	30	37	37	33	33	38	30	36	35
R1	90	552	32	33	33	46	41	37	30	31	32	38	37	37	32	33	38	35	36	35
R2	90	552	32	33	33	30	41	37	30	31	32	34	37	37	33	33	38	32	36	35
R3	90	552	32	33	33	38	41	37	30	31	32	35	37	37	31	33	38	32	36	35

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**P1**						**P2**						**P3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R4	90	552	32	33	33	31	41	37	31	31	32	30	37	37	33	33	38	30	36	35
R1	180	552	32	33	33	46	41	37	30	31	32	38	37	37	32	33	38	35	36	35
R2	180	552	32	33	33	31	41	37	30	31	32	33	37	37	33	33	38	32	36	35
R3	180	552	32	33	33	38	41	37	30	31	32	36	37	37	31	33	38	33	36	35
R4	180	552	32	33	33	31	41	37	31	31	32	30	37	37	33	33	38	30	36	35
R1	270	552	32	33	33	46	41	37	30	31	32	39	37	37	32	33	38	35	36	35
R2	270	552	32	33	33	31	41	37	30	31	32	33	37	37	33	33	38	32	36	35
R3	270	552	32	33	33	38	41	37	30	31	32	35	37	37	32	33	38	33	36	35
R4	270	552	32	33	33	31	41	37	30	31	32	30	37	37	33	33	38	30	36	35

REP.	ÁNG.	HORA	P1						P2						P3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	0	720	30	34	33	45	43	37	30	31	32	38	40	37	31	35	38	31	38	35
R2	0	720	31	34	33	30	43	37	30	31	32	33	40	37	32	35	38	34	38	35
R3	0	720	32	34	33	38	43	37	30	31	32	34	40	37	31	35	38	31	38	35
R4	0	720	31	34	33	30	43	37	29	31	32	29	40	37	31	35	38	29	38	35
R1	90	720	30	34	33	45	43	37	30	31	32	37	40	37	31	35	38	31	38	35
R2	90	720	31	34	33	30	43	37	30	31	32	33	40	37	32	35	38	34	38	35
R3	90	720	31	34	33	38	43	37	30	31	32	34	40	37	31	35	38	31	38	35
R4	90	720	31	34	33	30	43	37	29	31	32	28	40	37	31	35	38	29	38	35
R1	180	720	30	34	33	45	43	37	30	31	32	37	40	37	32	35	38	31	38	35

REP.	ÁNG.	HORA	P1						P2						P3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	180	720	31	34	33	30	43	37	30	31	32	33	40	37	32	35	38	34	38	35
R3	180	720	31	34	33	38	43	37	30	31	32	34	40	37	31	35	38	32	38	35
R4	180	720	31	34	33	30	43	37	29	31	32	29	40	37	31	35	38	29	38	35

«continuación»

R1	270	720	31	34	33	45	43	37	30	31	32	38	40	37	31	35	38	31	38	35
R2	270	720	31	34	33	30	43	37	30	31	32	3	40	37	32	35	38	34	38	35
R3	270	720	32	34	33	37	43	37	30	31	32	34	40	37	32	35	38	32	38	35
R4	270	720	31	34	33	30	43	37	30	31	32	29	40	37	31	35	38	29	38	35
R1	0	792	31	35	33	45	44	37	37	31	32	41	40	37	31	35	38	30	38	35
R2	0	792	32	35	33	31	44	37	40	31	32	37	40	37	33	35	38	34	38	35

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**P1**						**P2**						**P3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R3	0	792	32	35	33	38	44	37	37	31	32	38	40	37	32	35	38	31	38	35
R4	0	792	32	35	33	31	44	37	32	31	32	30	40	37	31	35	38	29	38	35
R1	90	792	32	35	33	44	44	37	37	31	32	41	40	37	31	35	38	30	38	35
R2	90	792	32	35	33	31	44	37	40	31	32	38	40	37	33	35	38	34	38	35
R3	90	792	32	35	33	38	44	37	37	31	32	38	40	37	31	35	38	31	38	35
R4	90	792	32	35	33	30	44	37	32	31	32	30	40	37	31	35	38	29	38	35
R1	270	792	32	35	33	45	44	37	37	31	32	41	40	37	31	35	38	30	38	35
R2	270	792	32	35	33	31	44	37	41	31	32	38	40	37	32	35	38	34	38	35
R3	270	792	32	35	33	37	44	37	37	31	32	38	40	37	32	35	38	32	38	35

REP.	ÁNG.	HORA	P1						P2						P3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R4	270	792	32	35	33	31	44	37	32	31	32	30	40	37	31	35	38	29	38	35
R1	0	792	32	35	33	45	44	37	36	31	32	41	40	37	31	35	38	30	38	35
R2	0	792	32	35	33	31	44	37	40	31	32	37	40	37	32	35	38	34	38	35
R3	0	792	32	35	33	37	44	37	37	31	32	38	40	37	32	35	38	31	38	35
R4	0	792	32	35	33	31	44	37	32	31	32	30	40	37	31	35	38	29	38	35
R1	90	840	33	35	33	45	45	37	37	31	33	42	41	37	33	35	38	32	39	35
R2	90	840	33	35	33	32	45	37	40	31	33	33	41	37	34	35	38	35	39	35
R3	90	840	33	35	33	37	45	37	37	31	33	38	41	37	33	35	38	33	39	35
R4	90	840	34	35	33	32	45	37	33	31	33	31	41	37	32	35	38	31	39	35

REP.	ÁNG.	HORA	P1						P2						P3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	180	840	34	35	33	45	45	37	36	31	33	38	41	37	33	35	38	32	39	35
R2	180	840	34	35	33	32	45	37	40	31	33	38	41	37	34	35	38	35	39	35
R3	180	840	33	35	33	37	45	37	36	31	33	38	41	37	33	35	38	33	39	35
R4	180	840	34	35	33	32	45	37	33	31	33	31	41	37	32	35	38	31	39	35

«continuación»

R1	270	840	33	35	33	45	45	37	38	31	33	38	41	37	33	35	38	32	39	35
R2	270	840	33	35	33	32	45	37	40	31	33	38	41	37	34	35	38	35	39	35
R3	270	840	33	35	33	37	45	37	37	31	33	38	41	37	3	35	38	33	39	35
R4	270	840	34	35	33	32	45	37	33	31	33	31	41	37	32	35	38	31	39	35
R1	0	840	33	35	33	45	45	37	36	31	33	38	41	37	33	35	38	32	39	35

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**P1**						**P2**						**P3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R2	0	840	33	35	33	32	45	37	40	31	33	38	41	37	34	35	38	35	39	35
R3	0	840	33	35	33	36	45	37	37	31	33	38	41	37	33	35	38	33	39	35
R4	0	840	34	35	33	32	45	37	33	31	33	31	41	37	32	35	38	31	39	35
R1	90	888	31	35	33	44	46	37	34	31	33	39	41	37	32	36	38	30	39	35
R2	90	888	31	35	33	30	46	37	37	31	33	36	41	37	33	36	38	36	39	35
R3	90	888	31	35	33	37	46	37	34	31	33	36	41	37	31	36	38	33	39	35
R4	90	888	31	35	33	30	46	37	30	31	33	29	41	37	30	36	38	30	39	35
R1	180	888	31	35	33	44	46	37	34	31	33	39	41	37	32	36	38	30	39	35
R2	180	888	31	35	33	30	46	37	37	31	33	36	41	37	33	36	38	36	39	35

REP.	ÁNG.	HORA	P1						P2						P3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R3	180	888	31	35	33	37	46	37	34	31	33	36	41	37	32	36	38	32	39	35
R4	180	888	31	35	33	30	46	37	30	31	33	29	41	37	30	36	38	30	39	35
R1	270	888	31	35	33	44	46	37	34	31	33	40	41	37	32	36	38	30	39	35
R2	270	888	31	35	33	30	46	37	37	31	33	36	41	37	33	36	38	36	39	35
R3	270	888	31	35	33	36	46	37	34	31	33	36	41	37	31	36	38	33	39	35
R4	270	888	31	35	33	30	46	37	30	31	33	29	41	37	30	36	38	30	39	35
R1	0	888	31	35	33	44	46	37	34	31	33	40	41	37	32	36	38	30	39	35
R2	0	888	31	35	33	30	46	37	37	31	33	36	41	37	33	36	38	36	39	35
R3	0	888	31	35	33	36	46	37	34	31	33	36	41	37	32	36	38	33	39	35

REP.	ÁNG.	HORA	P1						P2						P3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R4	0	888	31	35	33	30	46	37	30	31	33	29	41	37	30	36	38	30	39	35
R1	90	1056	32	37	33	43	48	37	34	31	33	39	43	37	34	37	38	31	41	35
R2	90	1056	31	37	33	30	48	37	37	31	33	35	43	37	34	37	38	36	41	35
R3	90	1056	31	37	33	34	48	37	33	31	33	35	43	37	33	37	38	33	41	35

«continuación»

R4	90	1056	32	37	33	30	48	37	31	31	33	29	43	37	33	37	38	30	41	35
R1	180	1056	32	37	33	42	48	37	34	31	33	38	43	37	34	37	38	31	41	35
R2	180	1056	32	37	33	30	48	37	37	31	33	35	43	37	34	37	38	36	41	35
R3	180	1056	32	37	33	35	48	37	33	31	33	35	43	37	33	37	38	33	41	35
R4	180	1056	31	37	33	30	48	37	30	31	33	29	43	37	32	37	38	30	41	35

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**P1**						**P2**						**P3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R1	270	1056	32	37	33	43	48	37	34	31	33	39	43	37	34	37	38	31	41	35
R2	270	1056	32	37	33	30	48	37	37	31	33	35	43	37	34	37	38	36	41	35
R3	270	1056	31	37	33	34	48	37	33	31	33	35	43	37	33	37	38	34	41	35
R4	270	1056	32	37	33	30	48	37	30	31	33	29	43	37	32	37	38	30	41	35
R1	0	1056	32	37	33	43	48	37	34	31	33	39	43	37	35	37	38	31	41	35
R2	0	1056	31	37	33	30	48	37	36	31	33	35	43	37	33	37	38	35	41	35
R3	0	1056	31	37	33	33	48	37	34	31	33	34	43	37	32	37	38	33	41	35
R4	0	1056	32	37	33	30	48	37	31	31	33	29	43	37	32	37	38	30	41	35
R1	90	1224	33	38	33	41	49	37	34	31	33	38	45	37	35	38	38	32	42	35

REP.	ÁNG.	HORA	P1						P2						P3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	90	1224	34	38	33	32	49	37	36	31	33	36	45	37	34	38	38	35	42	35
R3	90	1224	33	38	33	36	49	37	34	31	33	35	45	37	33	38	38	34	42	35
R4	90	1224	33	38	33	32	49	37	31	31	33	30	45	37	33	38	38	31	42	35
R1	180	1224	33	38	33	41	49	37	34	31	33	38	45	37	35	38	38	32	42	35
R2	180	1224	34	38	33	32	49	37	36	31	33	36	45	37	34	38	38	35	42	35
R3	180	1224	33	38	33	36	49	37	33	31	33	35	45	37	34	38	38	34	42	35
R4	180	1224	33	38	33	32	49	37	31	31	33	30	45	37	33	38	38	31	42	35
R1	270	1224	33	38	33	41	49	37	34	31	33	38	45	37	35	38	38	32	42	35
R2	270	1224	34	38	33	32	49	37	36	31	33	36	45	37	34	38	38	35	42	35

REP.	ÁNG.	HORA	P1						P2						P3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R3	270	1224	33	38	33	35	49	37	34	31	33	36	45	37	34	38	38	34	42	35
R4	270	1224	33	38	33	32	49	37	31	31	33	30	45	37	33	38	38	31	42	35
R1	0	1224	33	38	33	40	49	37	34	31	33	39	45	37	35	38	38	32	42	35
R2	0	1224	34	38	33	32	49	37	36	31	33	36	45	37	34	38	38	35	42	35

«continuación»

R3	0	1224	33	38	33	35	49	37	34	31	33	35	45	37	33	38	38	34	42	35
R4	0	1224	34	38	33	32	49	37	31	31	33	30	45	37	33	38	38	31	42	35

ANEXO 9: RESULTADOS EXPERIMENTALES, MODELADOS Y ESCALONADOS DE LOS TRATAMIENTOS M1A, M1B, M2A, M2B, M3A Y M3B

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**M1**						**M2**						**M3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R1	0	0	29	29	29	28	27	27	28	28	28	28	27	27	29	29	29	27	27	27
R2	0	0	29	29	29	27	27	27	28	28	28	27	27	27	29	29	29	27	27	27
R3	0	0	29	29	29	27	27	27	28	28	28	27	27	27	29	29	29	27	27	27
R4	0	0	29	29	29	27	27	27	29	28	28	27	27	27	29	29	29	27	27	27
R1	90	0	29	29	29	28	27	27	28	28	28	28	27	27	29	29	29	27	27	27
R2	90	0	29	29	29	27	27	27	28	28	28	27	27	27	29	29	29	28	27	27
R3	90	0	28	29	29	27	27	27	29	28	28	27	27	27	29	29	29	27	27	27
R4	90	0	29	29	29	27	27	27	28	28	28	27	27	27	29	29	29	27	27	27
R1	180	0	29	29	29	28	27	27	28	28	28	28	27	27	29	29	29	27	27	27

REP.	ÁNG.	HORA	M1						M2						M3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	180	0	29	29	29	27	27	27	28	28	28	28	27	27	29	29	29	28	27	27
R3	180	0	28	29	29	27	27	27	29	28	28	27	27	27	29	29	29	27	27	27
R4	180	0	29	29	29	28	27	27	29	28	28	27	27	27	29	29	29	27	27	27
R1	270	0	29	29	29	28	27	27	28	28	28	27	27	27	29	29	29	27	27	27
R2	270	0	29	29	29	27	27	27	28	28	28	27	27	27	29	29	29	27	27	27
R3	270	0	29	29	29	27	27	27	29	28	28	27	27	27	29	29	29	27	27	27
R4	270	0	29	29	29	27	27	27	29	28	28	27	27	27	29	29	29	27	27	27
R1	0	48	50	37	51	54	38	53	54	35	47	50	35	51	34	34	40	48	33	48
R2	0	48	49	37	51	53	38	53	45	35	47	52	35	51	37	34	40	48	33	48

REP.	ÁNG.	HORA	M1						M2						M3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R3	0	48	45	37	51	53	38	53	45	35	47	51	35	51	34	34	40	48	33	48
R4	0	48	50	37	51	52	38	53	46	35	47	50	35	51	35	34	40	47	33	48
R1	90	48	49	37	51	54	38	53	54	35	47	51	35	51	35	34	40	47	33	48
R2	90	48	51	37	51	53	38	53	47	35	47	52	35	51	38	34	40	49	33	48

«continuación»

R3	90	48	47	37	51	54	38	53	46	35	47	51	35	51	35	34	40	48	33	48
R4	90	48	50	37	51	51	38	53	47	35	47	50	35	51	35	34	40	47	33	48
R1	180	48	51	37	51	53	38	53	54	35	47	51	35	51	34	34	40	48	33	48
R2	180	48	47	37	51	53	38	53	45	35	47	52	35	51	38	34	40	49	33	48
R3	180	48	45	37	51	53	38	53	45	35	47	52	35	51	34	34	40	48	33	48

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**M1**						**M2**						**M3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R4	180	48	51	37	51	50	38	53	45	35	47	50	35	51	36	34	40	47	33	48
R1	270	48	50	37	51	53	38	53	54	35	47	51	35	51	35	34	40	48	33	48
R2	270	48	47	37	51	53	38	53	44	35	47	52	35	51	37	34	40	49	33	48
R3	270	48	45	37	51	53	38	53	45	35	47	52	35	51	34	34	40	48	33	48
R4	270	48	50	37	51	53	38	53	46	35	47	50	35	51	36	34	40	47	33	48
R1	0	144	54	48	54	55	50	56	46	44	48	49	45	51	52	42	51	47	42	48
R2	0	144	50	48	54	54	50	56	51	44	48	50	45	51	50	42	51	47	42	48
R3	0	144	50	48	54	55	50	56	45	44	48	50	45	51	48	42	51	45	42	48
R4	0	144	54	48	54	55	50	56	46	44	48	48	45	51	44	42	51	46	42	48

REP.	ÁNG.	HORA	M1						M2						M3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	90	144	53	48	54	55	50	56	46	44	48	49	45	51	52	42	51	47	42	48
R2	90	144	50	48	54	54	50	56	50	44	48	50	45	51	50	42	51	47	42	48
R3	90	144	51	48	54	55	50	56	45	44	48	49	45	51	47	42	51	45	42	48
R4	90	144	55	48	54	55	50	56	46	44	48	48	45	51	44	42	51	46	42	48
R1	180	144	54	48	54	55	50	56	45	44	48	49	45	51	52	42	51	47	42	48
R2	180	144	49	48	54	54	50	56	51	44	48	50	45	51	50	42	51	47	42	48
R3	180	144	51	48	54	55	50	56	45	44	48	50	45	51	47	42	51	45	42	48
R4	180	144	55	48	54	55	50	56	46	44	48	48	45	51	45	42	51	46	42	48
R1	270	144	54	48	54	55	50	56	45	44	48	49	45	51	52	42	51	47	42	48

REP.	ÁNG.	HORA	M1						M2						M3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	270	144	49	48	54	54	50	56	52	44	48	50	45	51	50	42	51	47	42	48
R3	270	144	50	48	54	54	50	56	45	44	48	50	45	51	48	42	51	45	42	48
R4	270	144	55	48	54	55	50	56	46	44	48	48	45	51	45	42	51	46	42	48

«continuación»

R1	0	192	55	51	54	55	54	56	44	47	48	47	49	51	50	45	54	45	46	48
R2	0	192	50	51	54	54	54	56	49	47	48	48	49	51	48	45	54	45	46	48
R3	0	192	50	51	54	54	54	56	44	47	48	48	49	51	45	45	54	44	46	48
R4	0	192	55	51	54	54	54	56	45	47	48	46	49	51	42	45	54	43	46	48
R1	90	192	54	51	54	55	54	56	44	47	48	47	49	51	51	45	54	45	46	48
R2	90	192	50	51	54	54	54	56	48	47	48	48	49	51	48	45	54	45	46	48

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**M1**						**M2**						**M3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R3	90	192	52	51	54	55	54	56	44	47	48	47	49	51	45	45	54	44	46	48
R4	90	192	55	51	54	55	54	56	45	47	48	46	49	51	41	45	54	43	46	48
R1	180	192	54	51	54	55	54	56	44	47	48	47	49	51	50	45	54	45	46	48
R2	180	192	50	51	54	54	54	56	49	47	48	48	49	51	48	45	54	45	46	48
R3	180	192	50	51	54	55	54	56	44	47	48	48	49	51	46	45	54	44	46	48
R4	180	192	55	51	54	55	54	56	45	47	48	46	49	51	42	45	54	43	46	48
R1	270	192	54	51	54	55	54	56	44	47	48	47	49	51	50	45	54	45	46	48
R2	270	192	50	51	54	54	54	56	49	47	48	48	49	51	47	45	54	45	46	48
R3	270	192	49	51	54	54	54	56	44	47	48	48	49	51	45	45	54	44	46	48

REP.	ÁNG.	HORA	M1						M2						M3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R4	270	192	55	51	54	54	54	56	45	47	48	46	49	51	42	45	54	43	46	48
R1	0	288	51	56	54	54	58	56	43	52	48	46	54	51	51	50	57	45	51	48
R2	0	288	54	56	54	54	58	56	48	52	48	47	54	51	52	50	57	45	51	48
R3	0	288	51	56	54	55	58	56	44	52	48	46	54	51	52	50	57	45	51	48
R4	0	288	55	56	54	54	58	56	45	52	48	45	54	51	51	50	57	45	51	48
R1	90	288	49	56	54	54	58	56	43	52	48	46	54	51	51	50	57	45	51	48
R2	90	288	54	56	54	54	58	56	46	52	48	47	54	51	52	50	57	45	51	48
R3	90	288	52	56	54	54	58	56	44	52	48	46	54	51	52	50	57	45	51	48
R4	90	288	56	56	54	54	58	56	45	52	48	45	54	51	51	50	57	45	51	48

REP.	ÁNG.	HORA	M1						M2						M3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	180	288	51	56	54	54	58	56	43	52	48	46	54	51	51	50	57	45	51	48
R2	180	288	54	56	54	54	58	56	49	52	48	47	54	51	52	50	57	45	51	48
R3	180	288	50	56	54	54	58	56	44	52	48	47	54	51	52	50	57	45	51	48
R4	180	288	55	56	54	54	58	56	45	52	48	45	54	51	51	50	57	45	51	48

«continuación»

R1	270	288	49	56	54	54	58	56	43	52	48	46	54	51	51	50	57	44	51	48
R2	270	288	54	56	54	54	58	56	49	52	48	47	54	51	53	50	57	44	51	48
R3	270	288	51	56	54	53	58	56	44	52	48	46	54	51	53	50	57	44	51	48
R4	270	288	54	56	54	54	58	56	45	52	48	45	54	51	51	50	57	44	51	48
R1	0	336	55	57	54	55	59	56	44	54	48	46	55	51	51	52	57	44	52	48

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**M1**						**M2**						**M3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R2	0	336	51	57	54	54	59	56	49	54	48	47	55	51	52	52	57	44	52	48
R3	0	336	51	57	54	47	59	56	44	54	48	46	55	51	52	52	57	41	52	48
R4	0	336	56	57	54	54	59	56	46	54	48	45	55	51	54	52	57	42	52	48
R1	90	336	55	57	54	55	59	56	44	54	48	46	55	51	51	52	57	44	52	48
R2	90	336	51	57	54	54	59	56	49	54	48	47	55	51	52	52	57	44	52	48
R3	90	336	53	57	54	55	59	56	44	54	48	46	55	51	52	52	57	41	52	48
R4	90	336	56	57	54	54	59	56	46	54	48	45	55	51	53	52	57	42	52	48
R1	180	336	54	57	54	55	59	56	44	54	48	46	55	51	51	52	57	44	52	48
R2	180	336	50	57	54	54	59	56	49	54	48	48	55	51	52	52	57	44	52	48

REP.	ÁNG.	HORA	M1						M2						M3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R3	180	336	51	57	54	55	59	56	44	54	48	47	55	51	52	52	57	41	52	48
R4	180	336	55	57	54	54	59	56	45	54	48	45	55	51	53	52	57	42	52	48
R1	270	336	54	57	54	55	59	56	44	54	48	46	55	51	51	52	57	44	52	48
R2	270	336	50	57	54	54	59	56	49	54	48	47	55	51	52	52	57	44	52	48
R3	270	336	50	57	54	55	59	56	44	54	48	47	55	51	52	52	57	41	52	48
R4	270	336	53	57	54	54	59	56	46	54	48	45	55	51	54	52	57	42	52	48
R1	0	504	51	60	54	54	60	56	43	57	48	44	59	51	52	56	58	42	57	48
R2	0	504	54	60	54	53	60	56	48	57	48	44	59	51	52	56	58	41	57	48
R3	0	504	50	60	54	53	60	56	43	57	48	44	59	51	51	56	58	39	57	48

REP.	ÁNG.	HORA	M1						M2						M3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R4	0	504	50	60	54	52	60	56	44	57	48	43	59	51	53	56	58	40	57	48
R1	90	504	51	60	54	54	60	56	46	57	48	43	59	51	52	56	58	42	57	48
R2	90	504	54	60	54	53	60	56	46	57	48	44	59	51	52	56	58	41	57	48
R3	90	504	51	60	54	53	60	56	43	57	48	43	59	51	51	56	58	39	57	48

«continuación»

R4	90	504	55	60	54	52	60	56	44	57	48	42	59	51	52	56	58	40	57	48
R1	180	504	49	60	54	54	60	56	43	57	48	43	59	51	51	56	58	42	57	48
R2	180	504	54	60	54	56	60	56	47	57	48	45	59	51	52	56	58	41	57	48
R3	180	504	49	60	54	52	60	56	43	57	48	44	59	51	52	56	58	39	57	48
R4	180	504	54	60	54	52	60	56	44	57	48	42	59	51	53	56	58	40	57	48

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**M1**						**M2**						**M3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R1	270	504	49	60	54	54	60	56	43	57	48	44	59	51	52	56	58	42	57	48
R2	270	504	54	60	54	52	60	56	48	57	48	44	59	51	52	56	58	41	57	48
R3	270	504	49	60	54	52	60	56	43	57	48	44	59	51	52	56	58	39	57	48
R4	270	504	54	60	54	52	60	56	44	57	48	42	59	51	53	56	58	39	57	48
R1	0	552	54	60	54	55	60	56	45	58	48	46	59	51	53	57	58	43	57	48
R2	0	552	52	60	54	54	60	56	49	58	48	47	59	51	53	57	58	43	57	48
R3	0	552	51	60	54	55	60	56	46	58	48	46	59	51	52	57	58	41	57	48
R4	0	552	56	60	54	55	60	56	46	58	48	45	59	51	54	57	58	41	57	48
R1	90	552	55	60	54	55	60	56	45	58	48	46	59	51	53	57	58	43	57	48

REP.	ÁNG.	HORA	M1						M2						M3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	90	552	53	60	54	54	60	56	49	58	48	47	59	51	52	57	58	43	57	48
R3	90	552	52	60	54	55	60	56	45	58	48	46	59	51	52	57	58	41	57	48
R4	90	552	56	60	54	55	60	56	46	58	48	45	59	51	53	57	58	41	57	48
R1	180	552	54	60	54	55	60	56	45	58	48	46	59	51	53	57	58	44	57	48
R2	180	552	51	60	54	54	60	56	50	58	48	47	59	51	53	57	58	43	57	48
R3	180	552	51	60	54	55	60	56	45	58	48	46	59	51	52	57	58	40	57	48
R4	180	552	56	60	54	55	60	56	46	58	48	45	59	51	54	57	58	41	57	48
R1	270	552	54	60	54	55	60	56	45	58	48	46	59	51	53	57	58	43	57	48
R2	270	552	50	60	54	54	60	56	50	58	48	47	59	51	53	57	58	42	57	48

REP.	ÁNG.	HORA	M1						M2						M3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R3	270	552	50	60	54	55	60	56	46	58	48	46	59	51	52	57	58	41	57	48
R4	270	552	54	60	54	54	60	56	46	58	48	45	59	51	54	57	58	40	57	48
R1	0	624	54	60	54	54	61	56	44	59	48	44	60	51	50	58	58	39	58	48
R2	0	624	51	60	54	53	61	56	48	59	48	45	60	51	51	58	58	38	58	48

«continuación»

R3	0	624	51	60	54	53	61	56	43	59	48	44	60	51	50	58	58	36	58	48
R4	0	624	54	60	54	53	61	56	44	59	48	42	60	51	51	58	58	36	58	48
R1	90	624	53	60	54	54	61	56	43	59	48	44	60	51	50	58	58	39	58	48
R2	90	624	52	60	54	53	61	56	47	59	48	44	60	51	50	58	58	38	58	48
R3	90	624	52	60	54	53	61	56	43	59	48	43	60	51	49	58	58	36	58	48

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**M1**						**M2**						**M3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R4	90	624	55	60	54	53	61	56	44	59	48	42	60	51	51	58	58	36	58	48
R1	180	624	54	60	54	54	61	56	43	59	48	44	60	51	50	58	58	39	58	48
R2	180	624	50	60	54	53	61	56	47	59	48	44	60	51	51	58	58	38	58	48
R3	180	624	50	60	54	53	61	56	43	59	48	43	60	51	50	58	58	36	58	48
R4	180	624	55	60	54	53	61	56	44	59	48	42	60	51	51	58	58	36	58	48
R1	270	624	53	60	54	54	61	56	43	59	48	44	60	51	50	58	58	39	58	48
R2	270	624	50	60	54	53	61	56	48	59	48	44	60	51	51	58	58	38	58	48
R3	270	624	49	60	54	53	61	56	44	59	48	43	60	51	49	58	58	36	58	48
R4	270	624	54	60	54	53	61	56	44	59	48	42	60	51	51	58	58	36	58	48

REP.	ÁNG.	HORA	M1						M2						M3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	0	672	56	60	54	56	61	56	46	59	48	47	60	51	53	58	58	43	59	48
R2	0	672	54	60	54	55	61	56	51	59	48	48	60	51	53	58	58	43	59	48
R3	0	672	53	60	54	56	61	56	46	59	48	47	60	51	52	58	58	41	59	48
R4	0	672	57	60	54	56	61	56	48	59	48	47	60	51	54	58	58	41	59	48
R1	90	672	55	60	54	56	61	56	46	59	48	47	60	51	53	58	58	43	59	48
R2	90	672	54	60	54	55	61	56	50	59	48	48	60	51	53	58	58	43	59	48
R3	90	672	54	60	54	56	61	56	46	59	48	47	60	51	52	58	58	42	59	48
R4	90	672	57	60	54	56	61	56	47	59	48	46	60	51	53	58	58	42	59	48
R1	180	672	56	60	54	56	61	56	46	59	48	47	60	51	53	58	58	44	59	48

REP.	ÁNG.	HORA	M1						M2						M3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	180	672	52	60	54	55	61	56	51	59	48	48	60	51	53	58	58	43	59	48
R3	180	672	52	60	54	56	61	56	47	59	48	47	60	51	52	58	58	41	59	48
R4	180	672	56	60	54	56	61	56	47	59	48	47	60	51	54	58	58	41	59	48
R1	270	672	56	60	54	56	61	56	47	59	48	47	60	51	53	58	58	43	59	48

«continuación»

R2	270	672	52	60	54	56	61	56	51	59	48	48	60	51	53	58	58	43	59	48
R3	270	672	52	60	54	56	61	56	47	59	48	48	60	51	53	58	58	41	59	48
R4	270	672	55	60	54	55	61	56	48	59	48	47	60	51	54	58	58	41	59	48

ANEXO 10: RESULTADOS EXPERIMENTALES, MODELADOS Y ESCALONADOS DE LOS TRATAMIENTOS T1A, T1B, T2A, T2B, T3A Y T3B

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T1**						**T2**						**T3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R1	0	0	30	30	30	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	31	29	29
R2	0	0	30	30	30	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
R3	0	0	30	30	30	29	29	29	29	29	29	28	29	29	30	29	29	28	29	29
R4	0	0	30	30	30	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	28	29	29
R1	90	0	30	30	30	29	29	29	29	29	29	28	29	29	29	29	29	31	29	29
R2	90	0	30	30	30	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
R3	90	0	30	30	30	29	29	29	29	29	29	28	29	29	29	29	29	28	29	29
R4	90	0	30	30	30	29	29	29	30	29	29	29	29	29	29	29	29	28	29	29
R1	180	0	30	30	30	29	29	29	29	29	29	28	29	29	29	29	29	31	29	29

REP.	ÁNG.	HORA	T1						T2						T3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	180	0	30	30	30	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
R3	180	0	30	30	30	29	29	29	29	29	29	28	29	29	30	29	29	28	29	29
R4	180	0	30	30	30	29	29	29	30	29	29	29	29	29	29	29	29	28	29	29
R1	270	0	30	30	30	29	29	29	29	29	29	28	29	29	29	29	29	31	29	29
R2	270	0	30	30	30	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
R3	270	0	30	30	30	29	29	29	29	29	29	28	29	29	29	29	29	28	29	29
R4	270	0	30	30	30	28	29	29	30	29	29	29	29	29	29	29	29	28	29	29
R1	0	240	30	30	30	29	29	29	28	29	29	29	28	29	28	29	30	30	28	32
R2	0	240	30	30	30	29	29	29	28	29	29	28	28	29	28	29	30	28	28	32

REP.	ÁNG.	HORA	T1						T2						T3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R3	0	240	30	30	30	29	29	29	28	29	29	27	28	29	29	29	30	27	28	32
R4	0	240	30	30	30	29	29	29	29	29	29	28	28	29	28	29	30	28	28	32
R1	90	240	30	30	30	29	29	29	28	29	29	29	28	29	28	29	30	31	28	32
R2	90	240	30	30	30	29	29	29	28	29	29	28	28	29	28	29	30	28	28	32

«continuación»

R3	90	240	30	30	30	29	29	29	28	29	29	28	28	29	29	29	30	27	28	32
R4	90	240	30	30	30	29	29	29	29	29	29	28	28	29	28	29	30	28	28	32
R1	180	240	30	30	30	29	29	29	28	29	29	29	28	29	28	29	30	31	28	32
R2	180	240	31	30	30	29	29	29	28	29	29	28	28	29	28	29	30	28	28	32
R3	180	240	31	30	30	29	29	29	28	29	29	27	28	29	30	29	30	27	28	32

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T1**						**T2**						**T3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R4	180	240	30	30	30	29	29	29	29	29	29	28	28	29	28	29	30	28	28	32
R1	270	240	30	30	30	29	29	29	28	29	29	29	28	29	28	29	30	30	28	32
R2	270	240	30	30	30	29	29	29	28	29	29	28	28	29	28	29	30	28	28	32
R3	270	240	31	30	30	29	29	29	28	29	29	28	28	29	30	29	30	27	28	32
R4	270	240	30	30	30	29	29	29	29	29	29	28	28	29	28	29	30	28	28	32
R1	0	456	30	30	30	29	29	29	29	29	29	29	28	29	29	29	30	31	28	32
R2	0	456	30	30	30	29	29	29	28	29	29	28	28	29	29	29	30	28	28	32
R3	0	456	30	30	30	29	29	29	28	29	29	28	28	29	30	29	30	28	28	32
R4	0	456	30	30	30	29	29	29	29	29	29	29	28	29	29	29	30	28	28	32

REP.	ÁNG.	HORA	T1						T2						T3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	90	456	30	30	30	29	29	29	29	29	29	29	28	29	29	29	30	31	28	32
R2	90	456	30	30	30	29	29	29	28	29	29	28	28	29	29	29	30	29	28	32
R3	90	456	30	30	30	29	29	29	28	29	29	28	28	29	31	29	30	28	28	32
R4	90	456	30	30	30	29	29	29	29	29	29	29	28	29	29	29	30	29	28	32
R1	180	456	30	30	30	29	29	29	29	29	29	29	28	29	29	29	30	31	28	32
R2	180	456	30	30	30	29	29	29	29	29	29	28	28	29	29	29	30	29	28	32
R3	180	456	30	30	30	29	29	29	28	29	29	28	28	29	30	29	30	28	28	32
R4	180	456	30	30	30	29	29	29	29	29	29	29	28	29	29	29	30	28	28	32
R1	270	456	30	30	30	29	29	29	29	29	29	29	28	29	29	29	30	31	28	32

REP.	ÁNG.	HORA	T1						T2						T3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	270	456	30	30	30	29	29	29	28	29	29	28	28	29	29	29	30	29	28	32
R3	270	456	30	30	30	29	29	29	28	29	29	28	28	29	30	29	30	28	28	32
R4	270	456	30	30	30	29	29	29	29	29	29	29	28	29	29	29	30	29	28	32
R1	0	648	30	30	30	29	29	29	32	29	29	29	28	29	33	29	30	30	27	32

«continuación»

R2	0	648	30	30	30	29	29	29	32	29	29	28	28	29	33	29	30	28	27	32
R3	0	648	30	30	30	29	29	29	32	29	29	27	28	29	34	29	30	27	27	32
R4	0	648	30	30	30	29	29	29	33	29	29	28	28	29	32	29	30	28	27	32
R1	90	648	30	30	30	29	29	29	32	29	29	28	28	29	33	29	30	30	27	32
R2	90	648	30	30	30	29	29	29	32	29	29	28	28	29	33	29	30	28	27	32

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T1**						**T2**						**T3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R3	90	648	30	30	30	29	29	29	32	29	29	27	28	29	34	29	30	27	27	32
R4	90	648	30	30	30	29	29	29	33	29	29	28	28	29	32	29	30	28	27	32
R1	180	648	30	30	30	29	29	29	32	29	29	29	28	29	32	29	30	31	27	32
R2	180	648	30	30	30	29	29	29	32	29	29	28	28	29	33	29	30	28	27	32
R3	180	648	30	30	30	29	29	29	32	29	29	27	28	29	33	29	30	27	27	32
R4	180	648	30	30	30	29	29	29	33	29	29	28	28	29	33	29	30	28	27	32
R1	270	648	30	30	30	29	29	29	32	29	29	28	28	29	33	29	30	31	27	32
R2	270	648	30	30	30	29	29	29	32	29	29	28	28	29	33	29	30	28	27	32
R3	270	648	30	30	30	29	29	29	32	29	29	27	28	29	34	29	30	27	27	32

REP.	ÁNG.	HORA	T1						T2						T3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R4	270	648	30	30	30	29	29	29	33	29	29	28	28	29	32	29	30	28	27	32
R1	0	816	29	30	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	29	29	30	31	26	32
R2	0	816	29	30	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	29	30	29	26	32
R3	0	816	29	30	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	30	29	30	28	26	32
R4	0	816	29	30	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	29	29	30	28	26	32
R1	90	816	29	30	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	29	30	31	26	32
R2	90	816	29	30	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	29	30	29	26	32
R3	90	816	29	30	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	30	29	30	28	26	32
R4	90	816	29	30	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	29	29	30	28	26	32

REP.	ÁNG.	HORA	T1						T2						T3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	180	816	29	30	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	29	29	30	31	26	32
R2	180	816	29	30	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	29	30	29	26	32
R3	180	816	29	30	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	30	29	30	27	26	32
R4	180	816	29	30	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	29	29	30	28	26	32

«continuación»

R1	270	816	29	30	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	29	29	30	31	26	32
R2	270	816	29	30	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	29	30	29	26	32
R3	270	816	29	30	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	30	29	30	27	26	32
R4	270	816	29	30	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	29	29	30	28	26	32
R1	0	984	29	29	30	28	28	29	27	29	29	28	28	29	28	29	30	30	26	32

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T1**						**T2**						**T3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R2	0	984	29	29	30	28	28	29	27	29	29	27	28	29	28	29	30	27	26	32
R3	90	984	29	29	30	28	28	29	28	29	29	27	28	29	29	29	30	27	26	32
R4	90	984	29	29	30	28	28	29	28	29	29	27	28	29	28	29	30	27	26	32
R1	90	984	29	29	30	28	28	29	27	29	29	28	28	29	28	29	30	30	26	32
R2	90	984	29	29	30	28	28	29	27	29	29	27	28	29	28	29	30	27	26	32
R3	180	984	29	29	30	28	28	29	28	29	29	27	28	29	29	29	30	27	26	32
R4	180	984	29	29	30	28	28	29	28	29	29	27	28	29	28	29	30	27	26	32
R1	180	984	29	29	30	28	28	29	27	29	29	28	28	29	28	29	30	31	26	32
R2	180	984	29	29	30	28	28	29	27	29	29	27	28	29	28	29	30	27	26	32

REP.	ÁNG.	HORA	T1						T2						T3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R3	270	984	29	29	30	28	28	29	28	29	29	27	28	29	29	29	30	27	26	32
R4	270	984	29	29	30	28	28	29	28	29	29	27	28	29	28	29	30	27	26	32
R1	270	984	29	29	30	28	28	29	27	29	29	28	28	29	28	29	30	30	26	32
R2	270	984	29	29	30	28	28	29	27	29	29	27	28	29	28	29	30	27	26	32
R3	0	984	29	29	30	28	28	29	27	29	29	27	28	29	29	29	30	27	26	32
R4	0	984	29	29	30	28	28	29	28	29	29	27	28	29	28	29	30	27	26	32
R1	0	1152	29	29	30	28	28	29	28	29	29	28	28	29	28	30	30	30	24	32
R2	0	1152	29	29	30	27	28	29	28	29	29	28	28	29	28	30	30	27	24	32
R3	90	1152	29	29	30	28	28	29	28	29	29	27	28	29	29	30	30	27	24	32

REP.	ÁNG.	HORA	T1						T2						T3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R4	90	1152	29	29	30	28	28	29	29	29	29	27	28	29	28	30	30	27	24	32
R1	90	1152	29	29	30	28	28	29	28	29	29	28	28	29	28	30	30	30	24	32
R2	90	1152	29	29	30	27	28	29	28	29	29	28	28	29	28	30	30	27	24	32
R3	180	1152	29	29	30	28	28	29	28	29	29	27	28	29	29	30	30	27	24	32

«continuación»

R4	180	1152	29	29	30	28	28	29	28	29	29	28	28	29	28	30	30	27	24	32
R1	180	1152	29	29	30	28	28	29	28	29	29	28	28	29	28	30	30	31	24	32
R2	180	1152	29	29	30	27	28	29	27	29	29	28	28	29	28	30	30	27	24	32
R3	270	1152	29	29	30	28	28	29	28	29	29	27	28	29	29	30	30	27	24	32
R4	270	1152	29	29	30	28	28	29	28	29	29	28	28	29	28	30	30	27	24	32

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T1**						**T2**						**T3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R1	270	1152	29	29	30	28	28	29	28	29	29	28	28	29	28	30	30	30	24	32
R2	270	1152	29	29	30	27	28	29	28	29	29	28	28	29	28	30	30	27	24	32
R3	0	1152	29	29	30	28	28	29	28	29	29	27	28	29	29	30	30	27	24	32
R4	0	1152	9	29	30	27	28	29	29	29	29	27	28	29	28	30	30	27	24	32
R1	90	1320	29	29	30	28	28	29	32	29	29	32	28	29	32	30	30	33	23	32
R2	90	1320	29	29	30	28	28	29	31	29	29	31	28	29	32	30	30	32	23	32
R3	90	1320	29	29	30	28	28	29	32	29	29	31	28	29	33	30	30	31	23	32
R4	90	1320	29	29	30	28	28	29	32	29	29	31	28	29	32	30	30	31	23	32
R1	90	1320	29	29	30	28	28	29	32	29	29	32	28	29	32	30	30	34	23	32

REP.	ÁNG.	HORA	T1						T2						T3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	180	1320	29	29	30	28	28	29	31	29	29	31	28	29	32	30	30	32	23	32
R3	180	1320	29	29	30	28	28	29	32	29	29	31	28	29	33	30	30	31	23	32
R4	180	1320	29	29	30	28	28	29	32	29	29	31	28	29	32	30	30	31	23	32
R1	180	1320	29	29	30	28	28	29	32	29	29	32	28	29	32	30	30	32	23	32
R2	270	1320	29	29	30	28	28	29	32	29	29	31	28	29	32	30	30	32	23	32
R3	270	1320	29	29	30	28	28	29	31	29	29	31	28	29	33	30	30	31	23	32
R4	270	1320	29	29	30	28	28	29	32	29	29	31	28	29	32	30	30	31	23	32
R1	270	1320	29	29	30	28	28	29	32	29	29	32	28	29	32	30	30	33	23	32
R2	0	1320	29	29	30	28	28	29	31	29	29	31	28	29	32	30	30	32	23	32

REP.	ÁNG.	HORA	T1						T2						T3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R3	0	1320	29	29	30	28	28	29	32	29	29	31	28	29	32	30	30	31	23	32
R4	0	1320	29	29	30	28	28	29	32	29	29	31	28	29	32	30	30	31	23	32
R1	0	1488	29	29	30	27	28	29	29	29	29	29	28	29	29	30	30	31	23	32

«continuación»

R2	90	1488	29	29	30	27	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	29	23	32
R3	90	1488	29	29	30	27	28	29	29	29	29	28	28	29	30	30	30	28	23	32
R4	90	1488	29	29	30	27	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	28	23	32
R1	90	1488	29	29	30	27	28	29	29	29	29	29	28	29	29	30	30	31	23	32
R2	180	1488	29	29	30	27	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	29	23	32
R3	180	1488	29	29	30	27	28	29	29	29	29	28	28	29	30	30	30	28	23	32

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T1**						**T2**						**T3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R4	180	1488	28	29	30	27	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	28	23	32
R1	180	1488	29	29	30	27	28	29	29	29	29	29	28	29	29	30	30	31	23	32
R2	270	1488	29	29	30	27	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	29	23	32
R3	270	1488	29	29	30	27	28	29	29	29	29	28	28	29	30	30	30	28	23	32
R4	270	1488	28	29	30	27	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	28	23	32
R1	270	1488	29	29	30	27	28	29	29	29	29	29	28	29	29	30	30	31	23	32
R2	0	1488	29	29	30	27	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	32	23	32
R3	0	1488	29	29	30	27	28	29	29	29	29	28	28	29	30	30	30	28	23	32
R4	90	1488	28	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	28	23	32

REP.	ÁNG.	HORA	T1						T2						T3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	90	1680	29	29	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	29	30	30	31	22	32
R2	90	1680	29	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	28	22	32
R3	90	1680	30	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	30	30	30	28	22	32
R4	90	1680	29	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	28	22	32
R1	180	1680	29	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	31	22	32
R2	180	1680	29	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	29	22	32
R3	180	1680	30	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	28	22	32
R4	180	1680	29	29	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	29	30	30	29	22	32
R1	270	1680	29	29	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	29	30	30	31	22	32

REP.	ÁNG.	HORA	T1						T2						T3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	270	1680	30	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	28	22	32
R3	270	1680	30	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	30	30	30	28	22	32
R4	270	1680	29	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	28	30	30	28	22	32
R1	0	1680	29	29	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	29	30	30	30	22	32

«continuación»

R2	0	1680	30	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	29	22	32
R3	0	1680	30	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	30	30	30	28	22	32
R4	0	1680	29	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	28	22	32
R1	90	1848	29	29	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	29	30	30	32	21	32
R2	90	1848	30	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	30	30	30	29	21	32

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T1**						**T2**						**T3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R3	90	1848	30	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	31	30	30	29	21	32
R4	90	1848	29	29	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	29	30	30	30	21	32
R1	180	1848	29	29	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	30	30	30	32	21	32
R2	180	1848	29	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	30	30	30	29	21	32
R3	180	1848	30	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	30	30	30	28	21	32
R4	180	1848	29	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	30	21	32
R1	270	1848	29	29	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	30	30	30	31	21	32
R2	270	1848	30	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	31	30	30	29	21	32
R3	270	1848	30	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	31	30	30	29	21	32

REP.	ÁNG.	HORA	T1						T2						T3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R3	90	1848	30	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	31	30	30	29	21	32
R4	90	1848	29	29	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	29	30	30	30	21	32
R1	180	1848	29	29	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	30	30	30	32	21	32
R2	180	1848	29	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	30	30	30	29	21	32
R3	180	1848	30	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	30	30	30	28	21	32
R4	180	1848	29	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	30	21	32
R1	270	1848	29	29	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	30	30	30	31	21	32
R2	270	1848	30	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	31	30	30	29	21	32
R3	270	1848	30	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	31	30	30	29	21	32

REP.	ÁNG.	HORA	T1						T2						T3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R4	270	1848	29	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	30	30	30	30	21	32
R1	0	1848	29	29	30	28	28	29	29	29	29	29	28	29	30	30	30	30	21	32
R2	0	1848	30	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	29	21	32

«continuación»

R3	0	1848	30	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	31	30	30	29	21	32
R4	0	1848	29	29	30	28	28	29	30	29	29	28	28	29	30	30	30	29	21	32
R1	90	1968	29	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	30	30	30	28	23	32
R2	90	1968	29	29	30	27	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	28	23	32
R3	90	1968	29	29	30	27	28	29	29	29	29	29	28	29	29	30	30	31	23	32
R4	90	1968	29	29	30	27	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	29	23	32

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T1**						**T2**						**T3**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R1	180	1968	29	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	30	30	30	28	23	32
R2	180	1968	29	29	30	27	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	28	23	32
R3	180	1968	29	29	30	27	28	29	29	29	29	29	28	29	29	30	30	31	23	32
R4	180	1968	29	29	30	27	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	32	23	32
R1	0	1968	29	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	30	30	30	28	23	32
R2	0	1968	29	29	30	27	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	28	23	32
R3	0	1968	29	29	30	27	28	29	29	29	29	29	28	29	29	30	30	31	22	32
R4	0	1968	29	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	28	22	32
R1	90	1968	29	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	30	30	30	28	22	32

REP.	ÁNG.	HORA	T1						T2						T3					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	90	1968	25	29	30	27	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	28	22	32
R3	90	1968	29	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	31	22	32
R4	90	1968	29	29	30	28	28	29	29	29	29	28	28	29	29	30	30	29	22	32

ANEXO 11: RESULTADOS EXPERIMENTALES, MODELADOS Y ESCALONADOS DE LOS TRATAMIENTOS T4A, T4B, T5A, T5B, T6A Y T6B

REP.	ÁNG.	HORA	T4						T5						T6					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	0	0	32	32	32	31	31	31	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R2	0	0	32	32	32	31	31	31	29	29	29	28	28	28	29	29	29	29	28	28
R3	0	0	32	32	32	31	31	31	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R4	0	0	32	32	32	31	31	31	31	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R1	90	0	32	32	32	31	31	31	29	29	29	28	28	28	29	29	29	29	28	28
R2	90	0	32	32	32	31	31	31	29	29	29	28	28	28	29	29	29	29	28	28
R3	90	0	32	32	32	31	31	31	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28

«continuación»

R4	90	0	32	32	32	31	31	31	30	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R1	180	0	32	32	32	31	31	31	29	29	29	28	28	28	29	29	29	29	28	28

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T4**						**T5**						**T6**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R2	180	0	32	32	32	31	31	31	29	29	29	28	28	28	29	29	29	29	28	28
R3	180	0	32	32	32	31	31	31	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R4	180	0	32	32	32	31	31	31	31	29	29	28	28	28	28	29	29	29	28	28
R1	270	0	32	32	32	31	31	31	29	29	29	28	28	28	29	29	29	29	28	28
R2	270	0	32	32	32	31	31	31	29	29	29	28	28	28	29	29	29	29	28	28
R3	270	0	32	32	32	31	31	31	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R4	270	0	32	32	32	31	31	31	30	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R1	0	168	31	30	32	31	30	31	33	32	30	32	31	28	35	31	41	34	33	38
R2	0	168	31	30	32	31	30	31	33	32	30	34	31	28	35	31	41	34	33	38

REP.	ÁNG.	HORA	T4						T5						T6					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	180	0	32	32	32	31	31	31	29	29	29	28	28	28	29	29	29	29	28	28
R3	180	0	32	32	32	31	31	31	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R4	180	0	32	32	32	31	31	31	31	29	29	28	28	28	28	29	29	29	28	28
R1	270	0	32	32	32	31	31	31	29	29	29	28	28	28	29	29	29	29	28	28
R2	270	0	32	32	32	31	31	31	29	29	29	28	28	28	29	29	29	29	28	28
R3	270	0	32	32	32	31	31	31	29	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R4	270	0	32	32	32	31	31	31	30	29	29	28	28	28	29	29	29	28	28	28
R1	0	168	31	30	32	31	30	31	33	32	30	32	31	28	35	31	41	34	33	38
R2	0	168	31	30	32	31	30	31	33	32	30	34	31	28	35	31	41	34	33	38

REP.	ÁNG.	HORA	T4						T5						T6					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R3	90	168	32	30	32	32	30	31	33	32	30	36	31	28	35	31	41	33	33	38
R4	90	168	31	30	32	32	30	31	34	32	30	36	31	28	37	31	41	34	33	38
R1	90	168	31	30	32	31	30	31	33	32	30	32	31	28	35	31	41	34	33	38

«continuación»

R2	90	168	31	30	32	32	30	31	33	32	30	34	31	28	35	31	41	34	33	38
R3	90	168	32	30	32	32	30	31	33	32	30	36	31	28	35	31	41	33	33	38
R4	180	168	3	30	32	32	30	31	34	32	30	36	31	28	37	31	41	34	33	38
R1	180	168	31	30	32	31	30	31	33	32	30	32	31	28	35	31	41	34	33	38
R2	180	168	31	30	32	32	30	31	33	32	30	34	31	28	35	31	41	34	33	38
R3	180	168	32	30	32	32	30	31	33	32	30	36	31	28	35	31	41	33	33	38

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T4**						**T5**						**T6**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R4	270	168	31	30	32	32	30	31	34	32	30	36	31	28	37	31	41	34	33	38
R1	270	168	31	30	32	31	30	31	33	32	30	32	31	28	35	31	41	34	33	38
R2	270	168	31	30	32	32	30	31	33	32	30	34	31	28	35	31	41	34	33	38
R3	270	168	32	30	32	32	30	31	33	32	30	36	31	28	36	31	41	33	33	38
R4	0	168	31	30	32	32	30	31	34	32	30	36	31	28	37	31	41	34	33	38
R1	0	336	32	29	32	31	29	31	42	35	30	42	34	29	41	33	41	38	36	38
R2	0	336	32	29	32	32	29	31	44	35	30	42	34	29	42	33	41	38	36	38
R3	0	336	32	29	32	31	29	31	43	35	30	41	34	29	41	33	41	38	36	38
R4	90	336	32	29	32	32	29	31	42	35	30	43	34	29	39	33	41	37	36	38

REP.	ÁNG.	HORA	T4						T5						T6					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	90	336	32	29	32	31	29	31	42	35	30	43	34	29	41	33	41	38	36	38
R2	90	336	32	29	32	31	29	31	44	35	30	42	34	29	42	33	41	38	36	38
R3	90	336	32	29	32	31	29	31	44	35	30	46	34	29	41	33	41	38	36	38
R4	180	336	32	29	32	32	29	31	42	35	30	43	34	29	42	33	41	38	36	38
R1	180	336	32	29	32	31	29	31	42	35	30	42	34	29	41	33	41	38	36	38
R2	180	336	32	29	32	31	29	31	44	35	30	42	34	29	42	33	41	38	36	38
R3	180	336	32	29	32	32	29	31	43	35	30	47	34	29	41	33	41	37	36	38
R4	270	336	32	29	32	32	29	31	42	35	30	43	34	29	42	33	41	38	36	38
R1	270	336	32	29	32	31	29	31	42	35	30	43	34	29	41	33	41	38	36	38

REP.	ÁNG.	HORA	T4						T5						T6					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	270	336	32	29	32	32	29	31	45	35	30	42	34	29	42	33	41	38	36	38
R3	270	336	32	29	32	32	29	31	43	35	30	47	34	29	41	33	41	37	36	38
R4	0	336	32	29	32	32	29	31	43	35	30	43	34	29	42	33	41	37	36	38
R1	0	480	31	27	32	30	29	31	30	37	30	30	36	29	36	34	41	35	39	38

«continuación»

R2	90	480	31	27	32	31	29	31	33	37	30	29	36	29	37	34	41	36	39	38
R3	90	480	31	27	32	30	29	31	32	37	30	36	36	29	37	34	41	35	39	38
R4	90	480	31	27	32	30	29	31	31	37	30	29	36	29	37	34	41	35	39	38
R1	90	480	31	27	32	31	29	31	30	37	30	31	36	29	36	34	41	35	39	38
R2	90	480	31	27	32	31	29	31	33	37	30	29	36	29	37	34	41	36	39	38

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T4**						**T5**						**T6**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R3	180	480	31	27	32	30	29	31	31	37	30	36	36	29	37	34	41	35	39	38
R4	180	480	31	27	32	30	29	31	31	37	30	29	36	29	37	34	41	35	39	38
R1	180	480	31	27	32	30	29	31	30	37	30	31	36	29	36	34	41	35	39	38
R2	180	480	31	27	32	31	29	31	33	37	30	29	36	29	37	34	41	36	39	38
R3	270	480	31	27	32	30	29	31	31	37	30	37	36	29	37	34	41	35	39	38
R4	270	480	31	27	32	31	29	31	31	37	30	29	36	29	37	34	41	35	39	38
R1	270	480	31	27	32	30	29	31	30	37	30	31	36	29	36	34	41	35	39	38
R2	270	480	31	27	32	31	29	31	33	37	30	29	36	29	37	34	41	35	39	38
R3	0	480	31	27	32	30	29	31	32	37	30	37	36	29	37	34	41	35	39	38

REP.	ÁNG.	HORA	T4						T5						T6					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R4	0	480	31	27	32	30	29	31	31	37	30	29	36	29	37	34	41	35	39	38
R1	0	648	32	25	32	32	28	31	30	39	30	31	38	29	30	35	41	30	42	38
R2	0	648	32	25	32	32	28	31	34	39	30	30	38	29	32	35	41	30	42	38
R3	90	648	32	25	32	32	28	31	37	39	30	32	38	29	32	35	41	30	42	38
R4	90	648	32	25	32	32	28	31	29	39	30	31	38	29	32	35	41	30	42	38
R1	90	648	32	25	32	32	28	31	31	39	30	31	38	29	31	35	41	30	42	38
R2	90	648	32	25	32	32	28	31	33	39	30	30	38	29	32	35	41	30	42	38
R3	180	648	32	25	32	32	28	31	37	39	30	32	38	29	32	35	41	30	42	38
R4	180	648	32	25	32	32	28	31	29	39	30	31	38	29	33	35	41	30	42	38

REP.	ÁNG.	HORA	T4						T5						T6					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	180	648	32	25	32	32	28	31	30	39	30	31	38	29	31	35	41	30	42	38
R2	270	648	32	25	32	32	28	31	33	39	30	30	38	29	32	35	41	30	42	38
R3	270	648	32	25	32	32	28	31	36	39	30	32	38	29	32	35	41	30	42	38

«continuación»

R4	270	648	32	25	32	32	28	31	29	39	30	31	38	29	32	35	41	30	42	38
R1	270	648	32	25	32	31	28	31	30	39	30	31	38	29	31	35	41	30	42	38
R2	0	648	32	25	32	32	28	31	33	39	30	30	38	29	32	35	41	30	42	38
R3	0	648	32	25	32	32	28	31	36	39	30	32	38	29	32	35	41	30	42	38
R4	0	648	32	25	32	32	28	31	29	39	30	31	38	29	33	35	41	30	42	38
R1	0	816	30	23	32	29	27	31	29	41	30	29	40	29	32	37	41	30	44	38

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T4**						**T5**						**T6**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R2	90	816	29	23	32	30	27	31	31	41	30	28	40	29	33	37	41	31	44	38
R3	90	816	30	23	32	30	27	31	30	41	30	32	40	29	33	37	41	30	44	38
R4	90	816	29	17	32	29	27	31	30	41	30	28	40	29	38	37	41	32	44	38
R1	90	816	30	23	32	30	27	31	29	41	30	29	40	29	32	37	41	30	44	38
R2	180	816	29	23	32	30	27	31	31	41	30	28	40	29	32	37	41	31	44	38
R3	180	816	30	23	32	30	27	31	30	41	30	32	40	29	33	37	41	30	44	38
R4	180	816	30	23	32	29	27	31	30	41	30	28	40	29	38	37	41	32	44	38
R1	180	816	30	23	32	29	27	31	29	41	30	29	40	29	32	37	41	30	44	38
R2	270	816	30	23	32	30	27	31	31	41	30	28	40	29	33	37	41	31	44	38

REP.	ÁNG.	HORA	T4						T5						T6					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R3	270	816	30	23	32	30	27	31	30	41	30	32	40	29	34	37	41	30	44	38
R4	270	816	30	23	32	30	27	31	30	41	30	28	40	29	38	37	41	32	44	38
R1	270	816	30	23	32	29	27	31	29	41	30	29	40	29	33	37	41	30	44	38
R2	0	816	30	23	32	30	27	31	31	41	30	28	40	29	33	37	41	31	44	38
R3	0	816	30	23	32	30	27	31	30	41	30	32	40	29	34	37	41	30	44	38
R4	90	816	30	23	32	29	27	31	30	41	30	28	40	29	38	37	41	32	44	38
R1	90	912	29	19	32	28	25	31	29	42	30	29	41	29	32	37	41	30	46	38
R2	90	912	29	19	32	29	25	31	31	42	30	29	41	29	33	37	41	31	46	38
R3	90	912	29	19	32	28	25	31	30	42	30	35	41	29	33	37	41	30	46	38

REP.	ÁNG.	HORA	T4						T5						T6					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R4	90	912	29	19	32	29	25	31	30	42	30	28	41	29	38	37	41	32	46	38
R1	180	912	29	19	32	28	25	31	29	42	30	29	41	29	32	37	41	30	46	38
R2	180	912	29	19	32	29	25	31	30	42	30	28	41	29	32	37	41	31	46	38

«continuación»

R3	180	912	29	19	32	28	25	31	30	42	30	35	41	29	33	37	41	30	46	38
R4	180	912	29	19	32	29	25	31	30	42	30	28	41	29	38	37	41	32	46	38
R1	270	912	29	19	32	28	25	31	29	42	30	29	41	29	32	37	41	30	46	38
R2	270	912	29	19	32	29	25	31	31	42	30	28	41	29	33	37	41	31	46	38
R3	270	912	29	19	32	28	25	31	30	42	30	35	41	29	34	37	41	30	46	38
R4	270	912	29	19	32	29	25	31	29	42	30	28	41	29	38	37	41	32	46	38

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T4**						**T5**						**T6**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R1	0	912	29	19	32	28	25	31	29	42	30	29	41	29	33	37	41	30	46	38
R2	0	912	29	19	32	29	25	31	31	42	30	29	41	29	33	37	41	31	46	38
R3	0	912	29	19	32	28	25	31	30	42	30	36	41	29	34	37	41	30	46	38
R4	0	912	29	19	32	29	25	31	30	42	30	28	41	29	38	37	41	32	46	38
R1	90	1320	29	17	32	29	24	31	30	46	31	29	45	30	33	40	41	31	50	38
R2	90	1320	28	17	32	29	24	31	30	46	31	29	45	30	34	40	41	32	50	38
R3	90	1320	29	17	32	28	24	31	31	46	31	36	45	30	35	40	41	31	50	38
R4	90	1320	29	17	32	28	24	31	31	46	31	29	45	30	39	40	41	33	50	38
R1	180	1320	29	17	32	29	24	31	30	46	31	29	45	30	33	40	41	31	50	38

REP.	ÁNG.	HORA	T4						T5						T6					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	180	1320	29	17	32	29	24	31	30	46	31	29	45	30	34	40	41	32	50	38
R3	180	1320	29	17	32	28	24	31	31	46	31	36	45	30	34	40	41	31	50	38
R4	180	1320	29	17	32	28	24	31	37	46	31	29	45	30	38	40	41	33	50	38
R1	270	1320	29	17	32	28	24	31	30	46	31	29	45	30	33	40	41	31	50	38
R2	270	1320	29	17	32	29	24	31	30	46	31	29	45	30	33	40	41	32	50	38
R3	270	1320	29	17	32	28	24	31	31	46	31	36	45	30	34	40	41	31	50	38
R4	270	1320	29	17	32	28	24	31	31	46	31	29	45	30	39	40	41	32	50	38
R1	0	1320	29	17	32	28	24	31	30	46	31	29	45	30	33	40	41	31	50	38
R2	0	1320	29	17	32	29	24	31	31	46	31	29	45	30	33	40	41	32	50	38

REP.	ÁNG.	HORA	T4						T5						T6					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R3	0	1320	29	17	32	28	24	31	31	46	31	36	45	30	34	40	41	31	50	38
R4	0	1320	29	17	32	28	24	31	31	46	31	29	45	30	39	40	41	33	50	38
R1	90	1488	30	23	32	30	27	31	31	48	31	31	46	30	35	42	41	33	51	38

«continuación»

R2	90	1488	30	23	32	29	27	31	31	48	31	31	46	30	35	42	41	33	51	38
R3	90	1488	30	23	32	29	27	31	32	48	31	31	46	30	35	42	41	33	51	38
R4	90	1488	30	23	32	30	27	31	32	48	31	30	46	30	39	42	41	34	51	38
R1	90	1488	30	23	32	30	27	31	32	48	31	31	46	30	34	42	41	32	51	38
R2	180	1488	30	23	32	30	27	31	31	48	31	31	46	30	35	42	41	33	51	38
R3	180	1488	30	23	32	29	27	31	32	48	31	31	46	30	35	42	41	33	51	38

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T4**						**T5**						**T6**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R4	180	1488	30	23	32	30	27	31	32	48	31	30	46	30	39	42	41	34	51	38
R1	180	1488	30	23	32	30	27	31	31	48	31	30	46	30	34	42	41	33	51	38
R2	270	1488	30	23	32	29	27	31	31	48	31	31	46	30	35	42	41	33	51	38
R3	270	1488	29	19	32	28	25	31	32	48	31	31	46	30	35	42	41	33	51	38
R4	270	1488	29	19	32	29	25	31	32	48	31	30	46	30	39	42	41	34	51	38
R1	270	1488	29	19	32	28	25	31	31	48	31	30	46	30	34	42	41	33	51	38
R2	0	1488	29	19	32	29	25	31	31	48	31	31	46	30	35	42	41	33	51	38
R3	0	1488	29	19	32	28	25	31	32	48	31	31	46	30	35	42	41	33	51	38
R4	0	1488	29	19	32	29	25	31	32	48	31	30	46	30	39	42	41	34	51	38

REP.	ÁNG.	HORA	T4						T5						T6					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	0	1896	29	19	32	28	25	31	28	50	32	27	49	31	31	44	41	29	54	38
R2	90	1896	29	19	32	29	25	31	28	50	32	27	49	31	30	44	41	30	54	38
R3	90	1896	29	19	32	28	25	31	29	50	32	30	49	31	35	44	41	30	54	38
R4	90	1896	29	19	32	29	25	31	29	50	32	28	49	31	31	44	41	32	54	38
R1	90	1896	29	19	32	28	25	31	28	50	32	27	49	31	31	44	41	29	54	38
R2	180	1896	29	19	32	29	25	31	28	50	32	27	49	31	30	44	41	30	54	38
R3	180	1896	29	19	32	28	25	31	28	50	32	29	49	31	35	44	41	29	54	38
R4	180	1896	29	19	32	29	25	31	29	50	32	28	49	31	32	44	41	31	54	38
R1	180	1896	29	19	32	28	25	31	28	50	32	27	49	31	31	44	41	28	54	38

REP.	ÁNG.	HORA	T4						T5						T6					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	270	1896	29	19	32	29	25	31	28	50	32	27	49	31	30	44	41	30	54	38
R3	270	1896	29	17	32	29	24	31	29	50	32	29	49	31	35	44	41	30	54	38

«continuación»

R4	270	1896	28	17	32	29	24	31	29	50	32	28	49	31	31	44	41	31	54	38
R1	270	1896	29	17	32	28	24	31	28	50	32	27	49	31	32	44	41	28	54	38
R2	0	1896	29	17	32	28	24	31	28	50	32	27	49	31	30	44	41	29	54	38
R3	0	1896	29	17	32	29	24	31	29	50	32	29	49	31	35	44	41	29	54	38
R4	0	1896	29	17	32	29	24	31	29	50	32	28	49	31	31	44	41	30	54	38
R1	0	2184	29	17	32	28	24	31	30	52	32	29	51	31	33	46	41	31	56	38
R2	90	2184	29	17	32	28	24	31	30	52	32	29	51	31	34	46	41	32	56	38

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T4**						**T5**						**T6**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R3	90	2184	29	17	32	28	24	31	31	52	32	32	51	31	38	46	41	32	56	38
R4	90	2184	29	17	32	29	24	31	31	52	32	30	51	31	34	46	41	33	56	38
R1	90	2184	29	17	32	28	24	31	30	52	32	29	51	31	33	46	41	31	56	38
R2	90	2184	29	17	32	28	24	31	30	52	32	29	51	31	33	46	41	32	56	38
R3	180	2184	29	17	32	28	24	31	30	52	32	32	51	31	39	46	41	31	56	38
R4	180	2184	29	17	32	29	24	31	31	52	32	30	51	31	35	46	41	33	56	38
R1	180	2184	29	17	32	28	24	31	30	52	32	29	51	31	33	46	41	31	56	38
R2	180	2184	29	17	32	28	24	31	31	52	32	32	51	31	38	46	41	31	56	38
R3	270	2184	30	23	32	30	27	31	31	52	32	32	51	31	38	46	41	31	56	38

REP.	ÁNG.	HORA	T4						T5						T6					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R4	270	2184	30	23	32	29	27	31	31	52	32	30	51	31	34	46	41	33	56	38
R1	270	2184	30	23	32	29	27	31	30	52	32	29	51	31	34	46	41	31	56	38
R2	270	2184	30	23	32	30	27	31	30	52	32	29	51	31	33	46	41	32	56	38
R3	0	2184	30	23	32	30	27	31	31	52	32	32	51	31	37	46	41	31	56	38
R4	0	2184	30	23	32	30	27	31	30	52	32	30	51	31	34	46	41	33	56	38
R1	0	2304	30	23	32	29	27	31	31	53	32	31	52	31	34	46	41	32	56	38
R2	0	2304	30	23	32	30	27	31	31	53	32	30	52	31	34	46	41	33	56	38
R3	90	2304	30	23	32	30	27	31	32	53	32	33	52	31	38	46	41	32	56	38
R4	90	2304	30	23	32	29	27	31	32	53	32	31	52	31	35	46	41	34	56	38

REP.	ÁNG.	HORA	T4						T5						T6					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	90	2304	29	19	32	28	25	31	31	53	32	31	52	31	34	46	41	32	56	38
R2	90	2304	29	19	32	29	25	31	31	53	32	30	52	31	33	46	41	33	56	38
R3	180	2304	29	19	32	28	25	31	31	53	32	32	52	31	38	46	41	32	56	38
R4	180	2304	29	19	32	29	25	31	32	53	32	31	52	31	35	46	41	34	56	38

«continuación»

R1	180	2304	29	19	32	28	25	31	31	53	32	31	52	31	34	46	41	32	56	38
R2	180	2304	29	19	32	29	25	31	31	53	32	30	52	31	34	46	41	33	56	38
R3	270	2304	29	19	32	28	25	31	32	53	32	33	52	31	38	46	41	32	56	38
R4	270	2304	29	19	32	29	25	31	32	53	32	31	52	31	35	46	41	34	56	38
R1	270	2304	29	19	32	28	25	31	32	53	32	30	52	31	35	46	41	32	56	38

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T4**						**T5**						**T6**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R2	270	2304	29	19	32	29	25	31	31	53	32	30	52	31	34	46	41	32	56	38
R3	0	2304	29	19	32	28	25	31	32	53	32	32	52	31	38	46	41	32	56	38
R4	0	2304	29	19	32	29	25	31	32	53	32	31	52	31	34	46	41	34	56	38
R1	0	2472	29	19	32	28	25	31	29	53	32	29	53	31	32	47	41	30	57	38
R2	0	2472	29	19	32	29	25	31	29	53	32	28	53	31	32	47	41	31	57	38
R3	90	2472	29	19	32	28	25	31	30	53	32	31	53	31	37	47	41	30	57	38
R4	90	2472	29	19	32	29	25	31	30	53	32	29	53	31	33	47	41	32	57	38
R1	90	2472	29	17	32	29	24	31	29	53	32	29	53	31	33	47	41	30	57	38
R2	90	2472	28	17	32	29	24	31	29	53	32	28	53	31	33	47	41	31	57	38

REP.	ÁNG.	HORA	T4						T5						T6					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R3	90	2472	29	17	32	28	24	31	24	53	32	30	53	31	37	47	41	30	57	38
R4	180	2472	29	17	32	28	24	31	30	53	32	29	53	31	34	47	41	32	57	38
R1	180	2472	29	17	32	29	24	31	29	53	32	29	53	31	32	47	41	30	57	38
R2	180	2472	29	17	32	29	24	31	29	53	32	28	53	31	33	47	41	31	57	38
R3	180	2472	29	17	32	28	24	31	30	53	32	31	53	31	37	47	41	30	57	38
R4	270	2472	29	17	32	28	24	31	30	53	32	29	53	31	33	47	41	33	57	38
R1	270	2472	29	17	32	28	24	31	29	53	32	29	53	31	34	47	41	30	57	38
R2	270	2472	29	17	32	29	24	31	29	53	32	28	53	31	32	47	41	31	57	38
R3	270	2472	29	17	32	28	24	31	30	53	32	31	53	31	36	47	41	31	57	38

REP.	ÁNG.	HORA	T4						T5						T6					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R4	0	2472	29	17	32	28	24	31	30	53	32	29	53	31	32	47	41	31	57	38
R1	0	2928	29	17	32	28	24	31	36	55	33	35	54	32	37	49	41	36	58	38
R2	0	2928	29	17	32	29	24	31	35	55	33	34	54	32	37	49	41	36	58	38
R1	0	2928	29	17	32	28	24	31	36	55	33	35	54	32	40	49	41	36	58	38

«continuación»

R2	90	2928	29	17	32	28	24	31	36	55	33	35	54	32	37	49	41	37	58	38
R3	90	2928	30	23	32	30	27	31	35	55	33	34	54	32	37	49	41	35	58	38
R4	90	2928	30	23	32	29	27	31	35	55	33	34	54	32	37	49	41	36	58	38
R1	90	2928	30	23	32	29	27	31	36	55	33	35	54	32	40	49	41	36	58	38
R2	180	2928	30	23	32	30	27	31	36	55	33	34	54	32	37	49	41	37	58	38

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T4**						**T5**						**T6**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R4	0	2472	29	17	32	28	24	31	30	53	32	29	53	31	32	47	41	31	57	38
R1	0	2928	29	17	32	28	24	31	36	55	33	35	54	32	37	49	41	36	58	38
R2	0	2928	29	17	32	29	24	31	35	55	33	34	54	32	37	49	41	36	58	38
R3	0	2928	29	17	32	28	24	31	36	55	33	35	54	32	40	49	41	36	58	38
R4	90	2928	29	17	32	28	24	31	36	55	33	35	54	32	37	49	41	37	58	38
R1	90	2928	30	23	32	30	27	31	35	55	33	34	54	32	37	49	41	35	58	38
R2	90	2928	30	23	32	29	27	31	35	55	33	34	54	32	37	49	41	36	58	38
R3	90	2928	30	23	32	29	27	31	36	55	33	35	54	32	40	49	41	36	58	38
R4	180	2928	30	23	32	30	27	31	36	55	33	34	54	32	37	49	41	37	58	38

REP.	ÁNG.	HORA	T4						T5						T6					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	180	2928	30	23	32	30	27	31	35	55	33	34	54	32	37	49	41	35	58	38
R2	180	2928	30	23	32	30	27	31	35	55	33	34	54	32	36	49	41	36	58	38
R3	180	2928	30	23	32	29	27	31	36	55	33	35	54	32	39	49	41	35	58	38
R4	270	2928	30	23	32	30	27	31	35	55	33	34	54	32	37	49	41	36	58	38
R1	270	2928	30	23	32	30	27	31	35	55	33	34	54	32	37	49	41	35	58	38
R2	270	2928	30	23	32	29	27	31	35	55	33	34	54	32	36	49	41	36	58	38
R3	270	2928	29	19	32	28	25	31	36	55	33	35	54	32	39	49	41	35	58	38
R4	0	2928	29	19	32	29	25	31	35	55	33	34	54	32	36	49	41	36	58	38
R1	0	3096	29	19	32	28	25	31	30	56	33	29	55	32	33	50	41	31	58	38

REP.	ÁNG.	HORA	T4						T5						T6					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	0	3096	29	19	32	29	25	31	30	56	33	29	55	32	33	50	41	31	58	38
R3	0	3096	29	19	32	28	25	31	31	56	33	30	55	32	37	50	41	31	58	38
R4	90	3096	29	19	32	29	25	31	31	56	33	30	55	32	33	50	41	33	58	38
R1	90	3096	29	19	32	28	25	31	30	56	33	29	55	32	33	50	41	31	58	38

«continuación»

R2	90	3096	29	19	32	29	25	31	30	56	33	29	55	32	33	50	41	31	58	38
R3	90	3096	29	19	32	28	25	31	30	56	33	30	55	32	35	50	41	31	58	38
R4	180	3096	29	19	32	29	25	31	30	56	33	30	55	32	34	50	41	32	58	38
R1	180	3096	29	19	32	28	25	31	30	56	33	29	55	32	33	50	41	30	58	38
R2	180	3096	29	19	32	29	25	31	30	56	33	29	55	32	32	50	41	31	58	38

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T4**						**T5**						**T6**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R3	180	3096	29	19	32	28	25	31	31	56	33	30	55	32	36	50	41	31	58	38
R4	270	3096	29	19	32	29	25	31	30	56	33	30	55	32	32	50	41	32	58	38
R1	270	3096	29	19	32	28	25	31	30	56	33	29	55	32	34	50	41	30	58	38
R2	270	3096	29	19	32	29	25	31	30	56	33	29	55	32	32	50	41	31	58	38
R3	270	3096	29	17	32	29	24	31	31	56	33	30	55	32	35	50	41	31	58	38
R4	270	3096	28	17	32	29	24	31	30	56	33	29	55	32	31	50	41	32	58	38

ANEXO 12: RESULTADOS EXPERIMENTALES, MODELADOS Y ESCALONADOS DE LOS TRATAMIENTOS T7A, T7B, T8A, T8B, T9A Y T9B

REP.	ÁNG.	HORA	T7						T8						T9					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	0	0	29	29	29	27	27	27	28	29	29	28	28	28	30	28	30	28	28	28
R2	0	0	29	29	29	27	27	27	29	29	29	28	28	28	30	28	30	28	28	28
R3	0	0	29	29	29	27	27	27	28	29	29	28	28	28	30	28	30	28	28	28
R4	0	0	28	29	29	27	27	27	29	29	29	29	28	28	30	28	30	28	28	28
R1	90	0	29	29	29	27	27	27	29	29	29	28	28	28	30	28	30	28	28	28
R2	90	0	29	29	29	27	27	27	29	29	29	28	28	28	29	28	30	28	28	28
R3	90	0	29	29	29	27	27	27	28	29	29	28	28	28	30	28	30	28	28	28
R4	90	0	28	29	29	27	27	27	29	29	29	28	28	28	30	28	30	28	28	28
R1	180	0	29	29	29	27	27	27	29	29	29	28	28	28	30	28	30	28	28	28

REP.	ÁNG.	HORA	T7						T8						T9					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	180	0	29	29	29	27	27	27	29	29	29	28	28	28	30	28	30	28	28	28

«continuación»

R3	180	0	28	29	29	27	27	27	28	29	29	28	28	28	30	28	30	28	28	28
R4	180	0	28	29	29	27	27	27	29	29	29	28	28	28	30	28	30	28	28	28
R1	270	0	29	29	29	27	27	27	29	29	29	28	28	28	30	28	30	28	28	28
R2	270	0	29	29	29	27	27	27	29	29	29	28	28	28	30	28	30	28	28	28
R3	270	0	28	29	29	27	27	27	28	29	29	28	28	28	30	28	30	28	28	28
R4	270	0	28	29	29	27	27	27	29	29	29	28	28	28	30	28	30	28	28	28
R1	0	48	43	42	44	52	52	53	46	48	48	51	48	50	39	31	40	48	45	47
R2	0	48	42	42	44	53	52	53	44	48	48	51	48	50	38	31	40	45	45	47

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T7**						**T8**						**T9**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R3	0	48	38	42	44	52	52	53	44	48	48	51	48	50	37	31	40	48	45	47
R4	0	48	42	42	44	52	52	53	41	48	48	42	48	50	35	31	40	46	45	47
R1	90	48	44	42	44	52	52	53	46	48	48	51	48	50	39	31	40	48	45	47
R2	90	48	43	42	44	53	52	53	44	48	48	51	48	50	37	31	40	45	45	47
R3	90	48	38	42	44	52	52	53	44	48	48	50	48	50	38	31	40	47	45	47
R4	90	48	42	42	44	53	52	53	42	48	48	42	48	50	36	31	40	46	45	47
R1	180	48	43	42	44	52	52	53	46	48	48	52	48	50	39	31	40	48	45	47

«continuación»

R2	180	48	42	42	44	53	52	53	44	48	48	51	48	50	39	31	40	47	45	47
R3	180	48	38	42	44	52	52	53	44	48	48	50	48	50	37	31	40	48	45	47

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T7**						**T8**						**T9**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R4	180	48	42	42	44	53	52	53	41	48	48	43	48	50	36	31	40	46	45	47
R1	270	48	43	42	44	53	52	53	46	48	48	52	48	50	40	31	40	48	45	47
R2	270	48	41	42	44	53	52	53	44	48	48	51	48	50	38	31	40	47	45	47
R3	270	48	38	42	44	52	52	53	43	48	48	51	48	50	37	31	40	48	45	47
R4	270	48	42	42	44	52	52	53	41	48	48	43	48	50	35	31	40	45	45	47
R1	0	144	43	54	44	51	60	53	49	59	48	50	59	50	40	36	40	46	57	47
R2	0	144	39	54	44	52	60	53	49	59	48	51	59	50	38	36	40	46	57	47
R3	0	144	36	54	44	51	60	53	49	59	48	52	59	50	39	36	40	47	57	47
R4	0	144	39	54	44	52	60	53	45	59	48	44	59	50	38	36	40	45	57	47

REP.	ÁNG.	HORA	T7						T8						T9					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	90	144	43	54	44	51	60	53	48	59	48	50	59	50	40	36	40	46	57	47
R2	90	144	40	54	44	52	60	53	48	59	48	51	59	50	37	36	40	46	57	47
R3	90	144	36	54	44	51	60	53	50	59	48	52	59	50	39	36	40	46	57	47
R4	90	144	38	54	44	52	60	53	45	59	48	46	59	50	39	36	40	45	57	47
R1	180	144	43	54	44	52	60	53	49	59	48	50	59	50	40	36	40	46	57	47
R2	180	144	39	54	44	52	60	53	48	59	48	51	59	50	39	36	40	47	57	47
R3	180	144	36	54	44	51	60	53	49	59	48	52	59	50	39	36	40	46	57	47
R4	180	144	39	54	44	52	60	53	45	59	48	45	59	50	39	36	40	45	57	47
R1	270	144	43	54	44	52	60	53	49	59	48	50	59	50	40	36	40	46	57	47

REP.	ÁNG.	HORA	T7						T8						T9					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R2	270	144	39	54	44	52	60	53	49	59	48	51	59	50	39	36	40	47	57	47
R3	270	144	37	54	44	51	60	53	49	59	48	52	59	50	38	36	40	46	57	47
R4	270	144	39	54	44	52	60	53	45	59	48	47	59	50	38	36	40	45	57	47
R1	0	360	43	60	44	52	61	53	45	61	48	50	61	50	39	44	40	46	61	47

«continuación»

R2	0	360	43	60	44	52	61	53	48	61	48	49	61	50	36	44	40	46	61	47
R3	0	360	40	60	44	50	61	53	48	61	48	49	61	50	38	44	40	46	61	47
R4	0	360	41	60	44	52	61	53	47	61	48	46	61	50	37	44	40	44	61	47
R1	90	360	44	60	44	52	61	53	45	61	48	50	61	50	38	44	40	46	61	47
R2	90	360	44	60	44	52	61	53	48	61	48	49	61	50	35	44	40	44	61	47

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T7**						**T8**						**T9**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R3	90	360	40	60	44	50	61	53	46	61	48	48	61	50	37	44	40	46	61	47
R4	90	360	41	60	44	52	61	53	46	61	48	46	61	50	37	44	40	45	61	47
R1	180	360	44	60	44	52	61	53	45	61	48	51	61	50	39	44	40	47	61	47
R2	180	360	43	60	44	52	61	53	48	61	48	50	61	50	37	44	40	47	61	47
R3	180	360	41	60	44	50	61	53	47	61	48	49	61	50	37	44	40	46	61	47
R4	180	360	41	60	44	52	61	53	46	61	48	47	61	50	37	44	40	45	61	47
R1	270	360	44	60	44	52	61	53	44	61	48	50	61	50	39	44	40	46	61	47
R2	270	360	41	60	44	52	61	53	49	61	48	49	61	50	38	44	40	48	61	47
R3	270	360	41	60	44	50	61	53	47	61	48	49	61	50	37	44	40	46	61	47

REP.	ÁNG.	HORA	T7						T8						T9					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R4	270	360	41	60	44	52	61	53	46	61	48	46	61	50	36	44	40	44	61	47
R1	0	576	44	61	44	50	61	53	46	61	48	48	61	50	38	49	40	45	61	47
R2	0	576	43	61	44	52	61	53	48	61	48	47	61	50	36	49	40	44	61	47
R3	0	576	42	61	44	50	61	53	47	61	48	48	61	50	38	49	40	45	61	47
R4	0	576	42	61	44	52	61	53	44	61	48	44	61	50	36	49	40	43	61	47
R1	90	576	44	61	44	50	61	53	46	61	48	48	61	50	37	49	40	45	61	47
R2	90	576	41	61	44	52	61	53	47	61	48	47	61	50	35	49	40	43	61	47
R3	90	576	41	61	44	50	61	53	45	61	48	47	61	50	37	49	40	45	61	47
R4	90	576	42	61	44	52	61	53	45	61	48	45	61	50	37	49	40	43	61	47

REP.	ÁNG.	HORA	T7						T8						T9					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R1	180	576	44	61	44	51	61	53	45	61	48	48	61	50	38	49	40	45	61	47
R2	180	576	42	61	44	52	61	53	48	61	48	48	61	50	36	49	40	46	61	47
R3	180	576	42	61	44	50	61	53	46	61	48	48	61	50	37	49	40	44	61	47
R4	180	576	42	61	44	52	61	53	44	61	48	44	61	50	36	49	40	43	61	47

«continuación»

R1	270	576	43	61	44	51	61	53	45	61	48	48	61	50	38	49	40	45	61	47
R2	270	576	41	61	44	52	61	53	48	61	48	48	61	50	37	49	40	46	61	47
R3	270	576	42	61	44	50	61	53	46	61	48	48	61	50	38	49	40	45	61	47
R4	270	576	42	61	44	52	61	53	44	61	48	44	61	50	36	49	40	42	61	47
R1	0	696	45	61	44	52	61	53	48	61	48	50	61	50	42	51	40	48	61	47

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T7**						**T8**						**T9**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R2	0	696	45	61	44	54	61	53	50	61	48	49	61	50	39	51	40	47	61	47
R3	0	696	43	61	44	52	61	53	47	61	48	49	61	50	42	51	40	48	61	47
R4	0	696	44	61	44	54	61	53	46	61	48	46	61	50	39	51	40	45	61	47
R1	90	696	46	61	44	53	61	53	47	61	48	49	61	50	40	51	40	47	61	47
R2	90	696	43	61	44	54	61	53	50	61	48	49	61	50	37	51	40	46	61	47
R3	90	696	43	61	44	52	61	53	47	61	48	49	61	50	41	51	40	48	61	47
R4	90	696	43	61	44	54	61	53	45	61	48	46	61	50	39	51	40	46	61	47
R1	180	696	46	61	44	53	61	53	48	61	48	50	61	50	41	51	40	48	61	47
R2	180	696	44	61	44	54	61	53	50	61	48	49	61	50	39	51	40	49	61	47

REP.	ÁNG.	HORA	T7						T8						T9					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R3	180	696	43	61	44	52	61	53	48	61	48	49	61	50	42	51	40	47	61	47
R4	180	696	44	61	44	54	61	53	45	61	48	47	61	50	39	51	40	46	61	47
R1	270	696	46	61	44	53	61	53	47	61	48	50	61	50	42	51	40	48	61	47
R2	270	696	43	61	44	54	61	53	50	61	48	49	61	50	40	51	40	49	61	47
R3	270	696	43	61	44	52	61	53	47	61	48	49	61	50	41	51	40	47	61	47
R4	270	696	44	61	44	54	61	53	45	61	48	46	61	50	39	51	40	46	61	47
R1	0	960	41	61	44	49	61	53	44	61	48	45	61	50	37	55	40	42	61	47
R2	0	960	41	61	44	51	61	53	46	61	48	44	61	50	34	55	40	41	61	47
R3	0	960	39	61	44	48	61	53	44	61	48	44	61	50	37	55	40	42	61	47

REP.	ÁNG.	HORA	T7						T8						T9					
			A			B			A			B			A			B		
			Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2	Exp	K1	K2
R4	0	960	40	61	44	50	61	53	41	61	48	40	61	50	34	55	40	40	61	47
R1	90	960	42	61	44	49	61	53	44	61	48	45	61	50	36	55	40	42	61	47
R2	90	960	41	61	44	51	61	53	44	61	48	44	61	50	35	55	40	42	61	47
R3	90	960	39	61	44	48	61	53	44	61	48	44	61	50	37	55	40	41	61	47

«continuación»

R4	90	960	39	61	44	50	61	53	40	61	48	41	61	50	34	55	40	40	61	47
R1	180	960	41	61	44	49	61	53	44	61	48	45	61	50	38	55	40	42	61	47
R2	180	960	41	61	44	51	61	53	45	61	48	44	61	50	36	55	40	43	61	47
R3	180	960	39	61	44	48	61	53	44	61	48	44	61	50	36	55	40	41	61	47
R4	180	960	39	61	44	49	61	53	41	61	48	41	61	50	34	55	40	39	61	47

REP.	**ÁNG.**	**HORA**	**T7**						**T8**						**T9**					
			A			**B**			**A**			**B**			**A**			**B**		
			Exp	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**	**Exp**	**K1**	**K2**
R1	270	960	41	61	44	49	61	53	43	61	48	44	61	50	37	55	40	42	61	47
R2	270	960	40	61	44	50	61	53	46	61	48	43	61	50	34	55	40	42	61	47
R3	270	960	39	61	44	48	61	53	44	61	48	43	61	50	36	55	40	41	61	47
R4	270	960	40	61	44	49	61	53	41	61	48	41	61	50	34	55	40	40	61	47

ANEXO 13: PRUEBA RIDGE REGRESSION DEL PAQUETE ESTADÍSTICO *STARTGRAPHIC* 16.1 PARA OBTENER EL COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN PARA LOS TRATAMIENTOS MODELADOS Y ESCALADOS

TRATAMIENTO	r 2 (Coeficiente de determinación)				p-valor			
	K1*		K2**		K1*		K2**	
	A	B	A	B	A	B	A	B
C1	0,799	0,683	0,957	0,965	0,115	0,068	0,185	0,245
C2	0,638	0,324	0,834	0,905	0,123	0,011	0,252	0,264
C3	0,422	0,163	0,901	0,785	0,037	0,001	0,602	0,033
P1	0,509	0,339	0,644	0,891	0,013	0,000	0,234	0,030
P2	0,541	0,391	0,397	0,672	0,001	0,002	0,001	0,254
P3	0,168	0,035	0,483	0,447	0,000	0,000	0,005	0,022
M1	0,697	0,643	0,989	0,990	0,064	0,067	0,460	0,520
M2	0,362	0,206	0,949	0,876	0,013	0,001	0,333	0,036
M3	0,855	0,051	0,969	0,732	0,043	0,000	0,982	0,007
T1	0,305	0,538	0,095	0,102	0,002	0,034	0,155	0,172
T2	0,001	0,072	0,001	0,070	0,073	0,035	0,007	0,018
T3	0,005	0,106	0,010	0,000	0,000	0,000	0,088	0,069
T4	0,472	0,761	0,246	0,372	0,177	0,375	0,464	0,518
T5	0,067	0,082	0,055	0,065	0,000	0,000	0,000	0,000
T6	0,000	0,002	0,295	0,177	0,000	0,000	0,078	0,034
T7	0,700	0,894	0,909	0,984	0,435	0,370	0,525	0,577
T8	0,884	0,721	0,938	0,920	0,181	0,097	0,760	0,160
T9	0,197	0,628	0,827	0,906	0,025	0,150	0,738	0,375

* Coeficiente de cinética de eflorescencia grasa para los tratamientos después del modelamiento matemático.

** Coeficiente de cinética de eflorescencia grasa para los tratamientos después del escalamiento.

ANEXO 13.1: PRUEBA DE TUKEY PARA LOS TRATAMIENTOS (T7A, T7B, T8A, T8B, T9A Y T9B) ALMACENADOS A 28 °C

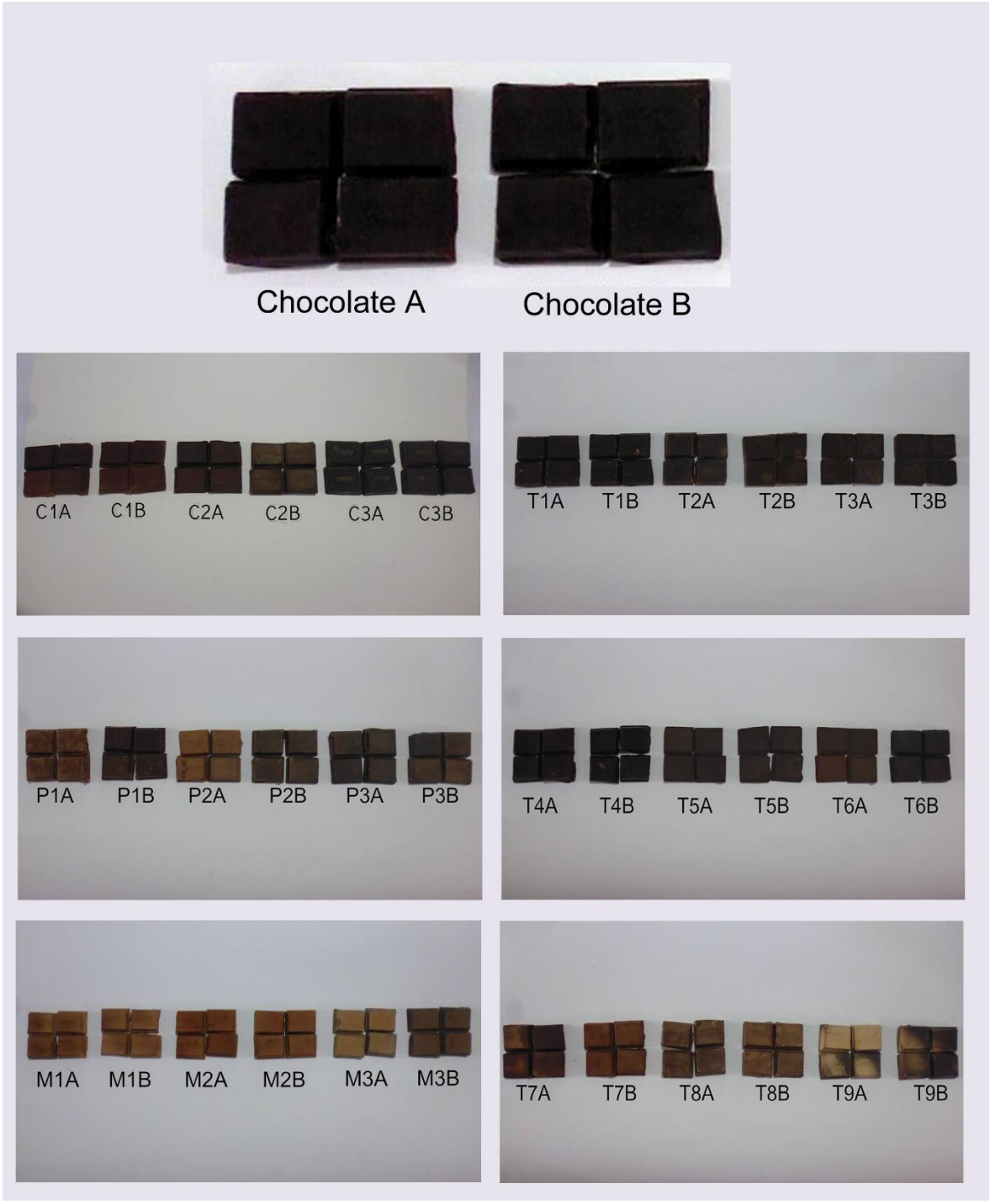
TRATAMIENTO	T7A	T7B	T8A	T8B	T9A	T9B	
R1	43,4	52,1	46,3	51,4	39,2	47,8	
R2	42,5	52,8	43,8	50,8	37,7	45,0	
R3	38,1	51,9	43,9	50,5	37,4	47,5	
R4	41,8	52,5	41,4	42,3	35,1	45,9	
R5	43,6	52,0	46,2	51,0	38,7	48,0	
R6	43,1	52,9	44,0	51,1	37,4	44,5	
R7	37,9	51,9	44,0	50,3	37,6	46,8	
R8	42,0	52,5	42,2	41,8	35,9	45,9	
R9	43,1	52,1	46,4	51,6	39,2	47,6	
R10	42,5	52,9	43,6	51,3	38,6	46,6	
R11	38,2	51,9	43,6	50,4	37,1	47,8	
R12	41,7	52,7	41,1	43,0	35,9	46,3	
R13	43,4	52,8	46,0	51,6	39,5	47,9	
R14	41,2	52,9	44,3	51,1	38,3	46,9	
R15	38,5	51,8	43,3	50,7	36,9	47,5	**Total**
R16	42,1	52,5	41,4	43,3	35,3	45,5	
Suma	663,0	838,1	701,6	782,1	599,8	747,5	4332,2

FV	GL	SC	CM	F	P- valor
Tratamientos	5	2285,8	457,2	109,3	0,00
Error	90	376,3	4,2		
Total	95	2662,1			

FACTOR	VALOR
t	6
r	16
N	96
FC	195497,4
HSD	2,17
Multiplicador	4,24
Mse	4,18
n	16

DIFERENCIA	VALOR	VALOR ABSOLUTO	HSD	S/NS
T7A - T7B	-10,9	10,9	2,17	S
T7A - T8A	-2,4	2,4	2,17	S
T7A - T8B	-7,4	7,4	2,17	S
T7A - T9A	3,9	3,9	2,17	S
T7A - T9B	-5,3	5,3	2,17	S
T7B - T8A	8,5	8,5	2,17	S
T7B - T8B	3,5	3,5	2,17	S
T7B - T9A	14,9	14,9	2,17	S
T7B - T9B	5,7	5,7	2,17	S
T8A - T8B	-5,0	5,0	2,17	S
T8A - T9A	6,4	6,4	2,17	S
T8A - T9B	-2,9	2,9	2,17	S
T8B - T9A	11,4	11,4	2,17	S
T8B - T9B	2,2	2,2	2,17	S
T9A - T9B	-9,2	9,2	2,17	S

ANEXO 14: EFLORESCENCIA GRASA EN DOS TIPOS DE CHOCOLATES OSCUROS PERUANOS CON DISTINTOS TRATAMIENTOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO



ANEXO 15: DETERMINACIÓN DE LA RAÍZ CUADRADA DEL ERROR PARA LA VALIDACIÓN DE LA CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA DEL TRATAMIENTO C2B

TIEMPO	EXPERIMENTAL	TEÓRICO	$\left(IB^{i}_{exp} - IB^{i}_{teo}\right)^{2}$
0	27	28	0,60
0	27	28	0,30
0	27	28	1,19
0	27	28	0,39
0	27	28	0,62
0	28	28	0,21
0	27	28	0,96
0	27	28	0,33
0	27	28	0,40
0	28	28	0,23
0	27	28	0,91
0	27	28	0,34
0	27	28	0,52
0	27	28	0,30
0	27	28	0,96
0	27	28	0,50
48	48	43	21,01
48	48	43	25,67
48	48	43	20,69
48	47	43	10,92
48	47	43	15,95
48	49	43	26,58
48	48	43	23,72
48	47	43	13,11
48	48	43	20,65
48	49	43	28,05
48	48	43	22,15
48	47	43	11,01
48	48	43	22,95
48	49	43	28,22
48	48	43	25,50
48	47	43	10,51
144	47	43	14,89
144	47	43	10,00
144	45	43	2,12

«continuación»

144	46	43	9,06
144	47	43	14,43
144	47	43	9,64
144	45	43	3,30
144	46	43	8,66
144	47	43	15,66
144	47	43	10,82
144	45	43	2,86
144	46	43	7,72
144	47	43	15,55
144	47	43	9,96
144	45	43	1,69
144	46	43	5,68
192	45	43	3,91
192	45	43	3,34
192	44	43	0,18
192	43	43	0,10
192	45	43	2,82
192	45	43	2,07
192	44	43	0,52
192	43	43	0,69
192	45	43	3,44
192	45	43	3,23
192	44	43	0,34
192	43	43	0,11
192	45	43	1,64
192	45	43	1,56
192	44	43	0,15
192	43	43	0,12
288	45	43	1,22
288	45	43	1,22
288	45	43	1,22
288	45	43	1,22
288	45	43	1,35
288	45	43	1,35
288	45	43	1,35
288	45	43	1,35

«continuación»

288	45	43	1,87
288	45	43	1,87
288	45	43	1,87
288	45	43	1,87
288	44	43	0,40
288	44	43	0,40
288	44	43	0,40
288	44	43	0,40
336	44	43	0,26
336	44	43	0,22
336	41	43	4,02
336	42	43	1,12
336	44	43	0,63
336	44	43	0,18
336	41	43	4,15
336	42	43	1,60
336	44	43	0,92
336	44	43	0,23
336	41	43	4,96
336	42	43	1,92
336	44	43	0,27
336	44	43	0,02
336	41	43	4,32
336	42	43	2,32
504	42	43	2,54
504	41	43	3,87
504	39	43	17,93
504	40	43	11,90
504	42	43	2,13
504	41	43	4,49
504	39	43	17,45
504	40	43	14,51
504	42	43	1,42
504	41	43	4,32
504	39	43	17,71
504	40	43	14,94
504	42	43	2,06
504	41	43	6,42
504	39	43	18,32
504	39	43	17,47
552	43	43	0,04

«continuación»

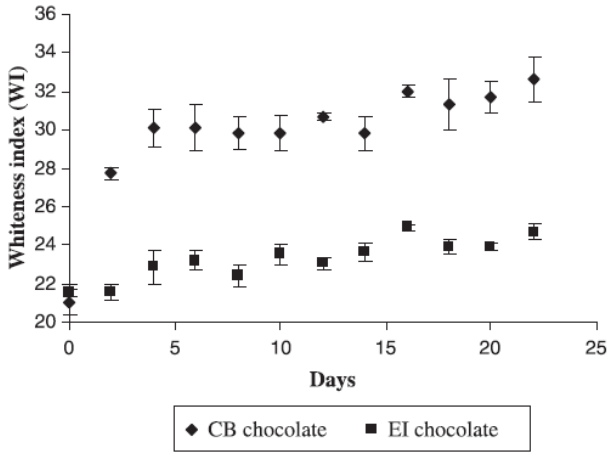
552	43	43	0,25
552	41	43	6,96
552	41	43	4,45
552	43	43	0,00
552	43	43	0,41
552	41	43	6,60
552	41	43	6,32
552	44	43	0,03
552	43	43	0,49
552	40	43	8,45
552	41	43	5,98
552	43	43	0,62
552	42	43	2,08
552	41	43	8,28
552	40	43	9,57
624	39	43	17,19
624	38	43	27,93
624	36	43	57,32
624	36	43	52,33
624	39	43	18,71
624	38	43	28,54
624	36	43	56,42
624	36	43	51,92
624	39	43	17,77
624	38	43	29,84
624	36	43	58,19
624	36	43	55,31
624	39	43	22,67
624	38	43	33,43
624	36	43	55,79
624	36	43	62,33
672	43	43	0,00
672	43	43	0,30
672	41	43	4,46
672	41	43	4,47
672	43	43	0,02
672	43	43	0,04
672	42	43	3,04
672	42	43	3,22
672	44	43	0,09

«continuación»

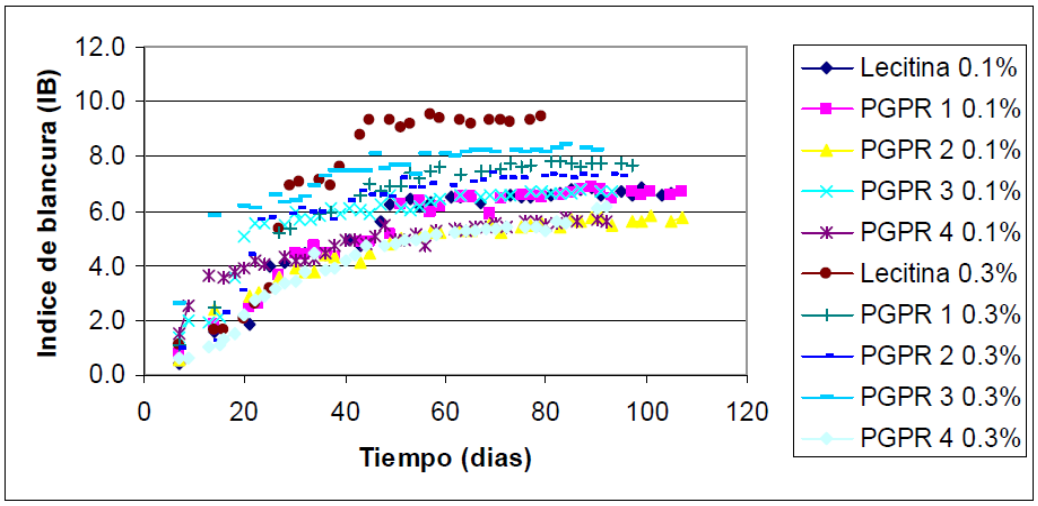
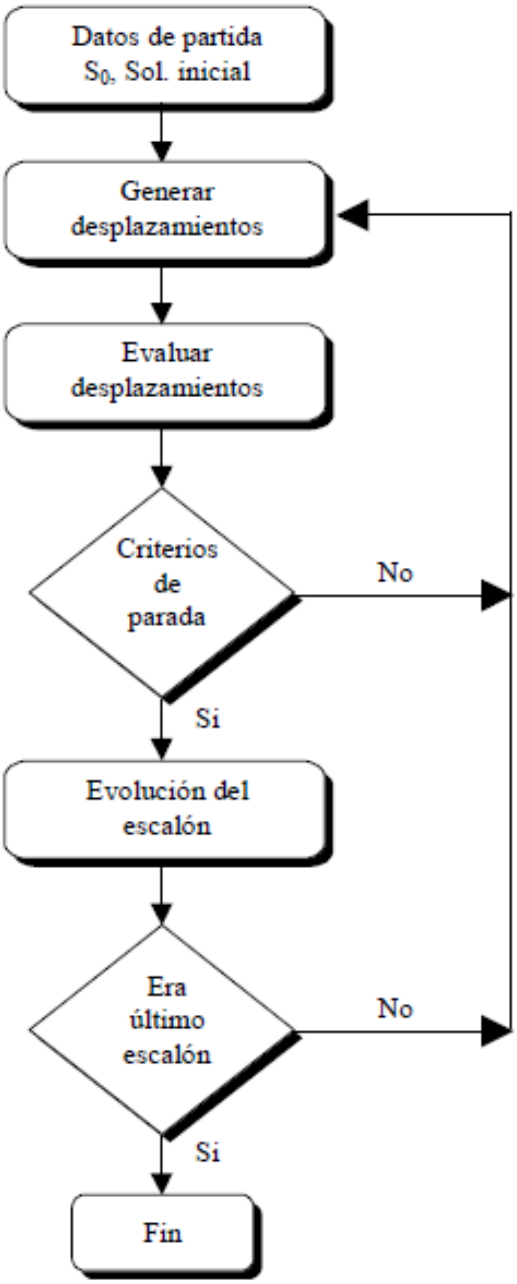
672	43	43	0,05
672	41	43	4,12
672	41	43	4,10
672	43	43	0,01
672	43	43	0,65
672	41	43	4,57
672	41	43	5,41

$\sum_{i=1}^{N}\left(IB_{exp}^{i} - IB_{teo}^{i}\right)^{2}$	1446,5
%RMSE	10,7

ANEXO 16: CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA ZARRINGHALAMI, *et al.* (2010)



ANEXO 17: CINÉTICA DE EFLORESCENCIA GRASA CHIRE Y HARTEL (2010)



ANEXO 18: ALGORITMO DE ESCALAMIENTO HILL CLIMBING, ANDREU (2000)