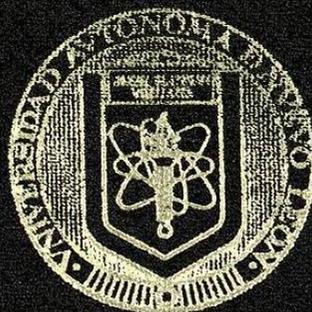


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS



ESTUDIO DE ACEITES VEGETALES BROMADOS
PREPARACION, PROPIEDADES Y COMPOSICION

POR

NORMA NELLY TREVIÑO FLORES

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN QUIMICA

SEPTIEMBRE, 1995

TD
Z5521
FCQ
1995
T7



1020112247

25-09-98

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS



**ESTUDIO DE ACEITES VEGETALES BROMADOS
PREPARACION, PROPIEDADES Y COMPOSICION**

POR

NORMA NELLY TREVIÑO FLORES

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN QUIMICA**

SEPTIEMBRE, 1995

TD
Z5521
FCQ
1995
T7

0118-6626-



FONDO TESIS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

**ESTUDIO DE ACEITES VEGETALES BROMADOS
PREPARACION, PROPIEDADES Y COMPOSICION**

Por

NORMA NELLY TREVIÑO FLORES

**Como requisito parcial para obtener el grado de
DOCTOR EN CIENCIAS con especialidad en Química**

SEPTIEMBRE, 1995

ESTUDIO DE ACEITES VEGETALES BROMADOS
PREPARACION, PROPIEDADES Y COMPOSICION

Aprobación de la Tesis

Dr. Armando García Luna

Armando García Luna

Asesor de Tesis

Mari Julia Verde Steer

Francisco Vazquez

Jose M. Uruales

Ing. Everardo Martínez Villarreal

Everardo Martínez Villarreal

Jefe de la División de Estudios de Postgrado

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Dr. Detlef Hagen Sauerbrey y al Dr Armando García Luna Asesores de esta tesis, con su gran apoyo fue posible la realización de este estudio.

Al Dr. José María Viader Salvadó, Dr. Gabriel Gójon Zorrilla, Dra. Julia Verde Star y Dra. Noemi Waksman de Torres miembros del Comité de Tesis y del Jurado Examinador por sus valiosas sugerencias e interés, en la revisión del presente trabajo.

A la empresa Haarmann & Reimer por el apoyo económico para la realización de mis estudios, especialmente a los Gerentes generales Dr. Wolfgang Sturm, Sr. Kurt Hufnagel y Dr. Goetz Blume

Al director de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León M.D.O. Andrés Cerda Onofre y a la subdirectora Gloria Esquivel por su constante apoyo durante la realización de este trabajo de tesis.

A la Facultad de Medicina, Departamento de Farmacología de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en especial al Dr Alfredo Piñeiro por las facilidades prestadas para usar su equipo instrumental.

Al Instituto de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial al Dr. Jacobo Gómez Lara por su apoyo en el análisis instrumental de esta tesis.

Al Departamento de Investigación y biblioteca de la empresa Haarmann & Reimer GmbH, Holzminden Alemania, en especial al Dr. Mathias Güntert y a la Sra. Dorothea Garbe.

A los químicos Mayela de la Fuente, Magdalena Gómez, Angelina Domínguez y Armando Valenzuela por su apoyo en la parte experimental de esta tesis

Al Gerente de producción de Aromáticos Definidos Ing. Rubén Jaime por sus valiosas contribuciones a esta tesis.

A mis amigas Gabrielle Morfin y Martha Soto por brindarme ánimos en todo momento durante este trabajo.

Un agradecimiento muy especial a mis amigas las Químicas Maricela Suárez Salas y Sandra Castellón Vela por su contribución en la parte experimental, en la revisión de esta tesis y sobre todo por su valioso apoyo moral que me brindaron desde el inicio hasta el final del trabajo realizado.

A todas las personas que contribuyeron de una u otra forma en la realización de este trabajo

A la memoria de mi padre Jesús Cristelo Treviño Hinojosa, a mi madre Sra. Felipa Flores deTreviño y a mis hermanos, cuñadas y sobrinos les dedicó con todo cariño esta tesis

TABLA DE CONTENIDO

	PAGINA
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
METODOS DE ANALISIS DE ACEITES VEGETALES Y ACEITES BROMADOS	4
CAPITULO II	
PREPARACION DE ACEITES BROMADOS A PARTIR DE ACEITES DE ORIGEN VEGETAL	42
CAPITULO III	
OPTIMIZACION DE LA CALIDAD DE LOS ACEITES BROMADOS	80
CAPITULO IV	
ESTUDIO MUTAGENICO DE ACEITES BROMADOS	128
CAPITULO V	
ESTUDIO DE ESTABILIZACION DE LOS ACEITES BROMADOS	136
CAPITULO VI	
ANALISIS DE ACEITES BROMADOS MEDIANTE CG-EM, CLAR Y RMN	167
CAPITULO VII	
MECANISMOS PROPUESTOS PARA LA FORMACION Y DEGRADACION DE ACEITES BROMADOS	267

CAPITULO VIII

DESARROLLO DE UN NUEVO METODO DE PREPARACION DE ACEITE BROMADO CON APLICACION INDUSTRIAL	304
CONCLUSIONES GENERALES	343
RESUMEN	344
BIBLIOGRAFIA	345

LISTA DE TABLAS

CAPITULO I

		PAGINA
TABLA No. 1.1	COORDENADAS DE COLOR	11
TABLA No. 1.2	COMPOSICION DE ESTERES METILICOS DE AVs	18
TABLA No. 1.3	ESPECIFICACIONES DE ABs	19
TABLA No. 1.4	RESULTADOS DE ANALISIS DE AVs	20
TABLA No. 1.5	RESULTADOS DE ANALISIS DE AVs	20
TABLA No. 1.6	DETERMINACION DE AGL EN AVs	21
TABLA No. 1.7	COMPOSICION DE AVs MEDIANTE CROMATOGRAFIA DE GASES	22
TABLA No. 1.8	COMPOSICION DE AVs DE JOJOBA Y AGUACATE MEDIANTE CG-EM	22
TABLA No. 1.9	RESULTADOS OBTENIDOS DE LA DETERMINACION DE HALOGENO ORGANICO	23
TABLA No. 1.10	CORRELACION ENTRE μ_x y Br_x	25
TABLA No. 1.11	VARIACION DE Br_x CON EL TIEMPO	26
TABLA No. 1.12	VALARES OBTENIDOS DE Br_x	27
TABLA No. 1.13	COMPARACION DE LOS PORCENTAJES DE BROMO CALCULADOS Y REALES DE MUESTRAS COMERCIALES DE AB	27
TABLA No. 1.14	COMPARACION DE RESULTADOS DE VP	28
TABLA No. 1.15	COLOR DE ACEITES BROMADOS	29

CAPITULO II

		PAGINA
TABLA No. 2.1	CONDICIONES DE REACCION Y RESULTADOS DE LA BROMACION DE DIFERENTES ACEITES VEGETALES	53
TABLA No. 2.2	CONDICIONES DE REACCION Y RESULTADOS DE LA BROMACION DE DIFERENTES ACEITES VEGETALES	54
TABLA No. 2.3	CONDICIONES DE REACCION Y RESULTADOS DE LA BROMACION DE DIFERENTES ACEITES VEGETALES	55
TABLA No. 2.4	VARIACION DEL COLOR DE ABs PREPARADOS EN PRESENCIA DE METANOL	57
TABLA No. 2.5	VARIACION DE COLOR BAJO DIFERENTES CONDICIONES	58
TABLA No. 2.6	RESULTADOS DEL ANALISIS DE EXPERIMENTOS 14 PA Y 41 PA ANTES Y DESPUES DE SER TRATADOS CON PEROXIDO DE HIDROGENO AL 30%	60
TABLA No. 2.7	RESULTADOS DE LA BROMACION DE AV USANDO BROMO EN FASE GASEOSA (15 °C)	61
TABLA No. 2.8	RESULTADOS DE LA BROMACION DE AV USANDO BROMO EN FASE GASEOSA (25 °C)	63
TABLA No. 2.9	RESULTADOS DE LA BROMACION DE AV USANDO BROMO EN FASE GASEOSA (35 °C)	64
TABLA No. 2.10	CORRELACION ENTRE μ_x Y Br_x (TEMP. 15 °C)	67
TABLA No. 2.11	CORRELACION ENTRE μ_x Y Br_x (TEMP. 25 °C)	68
TABLA No. 2.12	CORRELACION ENTRE μ_x Y Br_x (TEMP. 35 °C)	69
TABLA No. 2.13	RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE LOS EXPERIMENTOS 1 BG, 2 BG Y 3 BG	71
TABLA No. 2.14	RESULTADOS DE LOS ANALISIS DEL AB PREPARADO A PARTIR DEL EXPERIMENTO 1 BI	72
TABLA No. 2.15	RESULTADOS DE LOS ANALISIS DEL EXPERIMENTO B2	73
TABLA No. 2.16	COMPARACION DE LOS RESULTADOS DE LOS ANALISIS DEL EXPERIMENTO 1 PE TRATADO Y SIN TRATAR CON PEROXIDO DE HIDROGENO	75
TABLA No. 2.17	RESULTADOS ANALITICOS DE LAS MUESTRAS DEL EXPERIMENTO 1 EI	76

CAPITULO III

		PAGINA
TABLA No. 3.1	OPTIMACION DE LA BROMACION DEL ACEITE DE MAIZ PRIMER DISEÑO DE EXPERIMENTOS, METODO No. 1	107
TABLA No. 3.2	OPTIMACION DE LA BROMACION DEL ACEITE DE MAIZ SEGUNDO DISEÑO DE EXPERIMENTOS, METODO No. 1	108
TABLA No. 3.3	OPTIMACION DE LA BROMACION DEL ACEITE DE MAIZ TERCER DISEÑO DE EXPERIMENTOS, METODO No. 1	109
TABLA No. 3.4	OPTIMACION DE LA BROMACION DEL ACEITE DE MAIZ CUARTO DISEÑO DE EXPERIMENTOS, METODO No. 1	110
TABLA No. 3.5	OPTIMACION DE LA BROMACION DEL ACEITE DE MAIZ QUINTO Y SEXTO DISEÑO DE EXPERIMENTOS, METODO No. 1	111
TABLA No. 3.6	OPTIMACION DE LA BROMACION DEL ACEITE DE MAIZ SEPTIMO, OCTAVO Y NOVENO DISEÑO DE EXPERIMENTOS, METODO No. 1	113
TABLA No. 3.7	OPTIMACION DE LA BROMACION DEL ACEITE DE MAIZ DECIMO, ONCEAVO, DOCEAVO Y TRECEAVO DISEÑOS DE EXPERIMENTOS, METODO No. 1	115
TABLA No. 3.8	OPTIMACION DE LA BROMACION DEL ACEITE DE MAIZ 14o. DISEÑO DE EXPERIMENTOS, METODO No. 1	116
TABLA No. 3.9	OPTIMACION DE LA BROMACION DEL ACEITE DE MAIZ 15o., 16o., 17o. y 18o. DISEÑOS DE EXPERIMENTOS, METODO No. 1	117
TABLA No. 3.10	OPTIMACION DE LA BROMACION DEL ACEITE DE MAIZ 19o. DISEÑO DE EXPERIMENTOS, METODO No. 1	118
TABLA No. 3.11	OPTIMACION DE LA BROMACION DEL ACEITE DE MAIZ 20o. DISEÑO DE EXPERIMENTOS, METODO No. 1	119
TABLA No. 3.12	OPTIMACION DE LA BROMACION DEL ACEITE DE MAIZ 21o. DISEÑO DE EXPERIMENTOS, METODO No. 1	120
TABLA No. 3.13	OPTIMACION DE LA BROMACION DEL ACEITE DE MAIZ PRIMER DISEÑO DE EXPERIMENTOS, METODO No. 2	121
TABLA No. 3.14	OPTIMACION DE LA BROMACION DEL ACEITE DE MAIZ SEGUNDO Y TERCER DISEÑOS DE EXPERIMENTOS, METODO No. 2	122

TABLA No. 3.15	OPTIMACION DE LA BROMACION DEL ACEITE DE MAIZ CUARTO Y QUINTO DISEÑO DE EXPERIMENTOS, METODO No. 2	123
TABLA No. 3.16	MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL ACEITE DE MAIZ BROMADO, DISEÑO DE EXPERIMENTOS TIPO TAGUCHI, METODO No. 1	124
TABLA No. 3.17	MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL ACEITE DE ALGODON BROMADO, DISEÑO DE EXPERIMENTOS TIPO TAGUCHI, METODO No. 2	125
TABLA No. 3.18	NIVELES DE LOS FACTORES	99
TABLA No. 3.19	DISEÑO EXPERIMENTAL $L_9(3)^4$	101
TABLA No. 3.20	RESULTADOS OBTENIDOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL $L_9(3)^4$	101
TABLA No. 3.21	COEFICIENTES DE DESEABILIDAD PROMEDIO POR CADA NIVEL DE CADA FACTOR	102
TABLA No. 3.22	RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS CAMPEON DE PAPEL Y ECONOMICO	102
TABLA No. 3.23	CONDICIONES DE REACCION DE LOS MEJORES EXPERIMENTOS DEL DISEÑO TAGUCHI $L_9(3)^4$ Y DE LOS NUEVOS EXPERIMENTOS GENERADOS APLICANDO EL METODO SIMPLEX SECUENCIAL	103
TABLA No. 3.24	RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS EXPERIMENTOS 12 M A 14 M	103
TABLA No. 3.25	TERCER DISEÑO EXPERIMENTAL PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD DEL AB DE MAIZ	104
TABLA No. 3.26	RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS EXPERIMENTOS 15 M A 23 M	104

CAPITULO IV

		PAGINA
TABLA No. 4.1	NUMERO DE REVERTANTES PRODUCIDAS POR LA MUESTRA M1	130
TABLA No. 4.2	NUMERO DE REVERTANTES PRODUCIDAS POR LA MUESTRA M2	131
TABLA No. 4.3	NUMERO DE REVERTANTES PRODUCIDAS POR LA MUESTRA M3	132

CAPITULO V

		PAGINA
TABLA No. 5.1	CONDICIONES DE REACCION DE LOS EXPERIMENTOS 1 PD Y 2 PD	140
TABLA No. 5.2	RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA 1 A - 0.02 ALMACENADA A UNA TEMPERATURA ALREDEDOR DE 28 °C EN PRESENCIA DE LUZ	142
TABLA No. 5.3	RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA 1 A - 0.01 ALMACENADA A UNA TEMPERATURA ALREDEDOR DE 28 °C EN PRESENCIA DE LUZ	142
TABLA No. 5.4	RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA 1 A - 0.005 ALMACENADA A UNA TEMPERATURA ALREDEDOR DE 28 °C EN PRESENCIA DE LUZ	143
TABLA No. 5.5	RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA 2 A - 0.02 ALMACENADA A UNA TEMPERATURA ALREDEDOR DE 20 °C EN PRESENCIA DE LUZ	143
TABLA No. 5.6	RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA 2 A - 0.01 ALMACENADA A UNA TEMPERATURA ALREDEDOR DE 20 °C EN PRESENCIA DE LUZ	144
TABLA No. 5.7	RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA 2 A - 0.005 ALMACENADA A UNA TEMPERATURA ALREDEDOR DE 20 °C EN PRESENCIA DE LUZ	144
TABLA No. 5.8	RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA 3 A - 0.02(28) ALMACENADA A UNA TEMPERATURA ALREDEDOR DE 28 °C EN AUSENCIA DE LUZ	145
TABLA No. 5.9	RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA 3 A - 0.01(28) ALMACENADA A UNA TEMPERATURA ALREDEDOR DE 28 °C EN AUSENCIA DE LUZ	145
TABLA No. 5.10	RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA 3 A - 0.005(28) ALMACENADA A UNA TEMPERATURA ALREDEDOR DE 28 °C EN AUSENCIA DE LUZ	146
TABLA No. 5.11	RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA 3 A - 0.02(20) ALMACENADA A UNA TEMPERATURA ALREDEDOR DE 20 °C EN	146

TABLA No. 5.12	RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA 3 A - 0.01(20) ALMACENADA A UNA TEMPERATURA ALREDEDOR DE 20 °C EN AUSENCIA DE LUZ	147
TABLA No. 5.13	RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA 3 A - 0.005(20) ALMACENADA A UNA TEMPERATURA ALREDEDOR DE 20 °C EN AUSENCIA DE LUZ	147
TABLA No. 5.14	VARIACION DE ALGUNAS PROPIEDADES DE ABs CON EL TIEMPO (VARIOS EXPERIMENTOS)	150
TABLA No. 5.15	VARIACION DE VP, COLOR, HUMEDAD Y ASPECTO DE AB POR EL CALENTAMIENTO CON VACIO (EXPERIMENTO 1 VP)	151
TABLA No. 5.16	RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE LOS EXPERIMENTOS 1 PD Y 2 PD	152
TABLA No. 5.17	VARIACION DE COLOR DE VARIAS MUESTRAS ESTABILIZADAS CON DIFERENTES CANTIDADES DE ACEITE EPOXIDADO DE SOYA	153
TABLA No. 5.18	RESULTADOS DEL ANALISIS DE ABs CONTENIENDO DIFERENTES CANTIDADES DE ACEITE EPOXIDADO DE SOYA	155
TABLA No. 5.19	CONDICIONES DE REACCION Y RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE LOS ABs QUE SE PREPARARON PARA EL ESTUDIO CON LUZ UV	156
TABLA No. 5.20	VARIACION DE COLOR DE AB (EXPERIMENTO 1 I) POR EFECTO DE LA IRRADIACION DE LUZ UV	157
TABLA No. 5.21	VARIACION DE COLOR DE AB (EXPERIMENTO 1 I) (SIN IRRADIAR)	157
TABLA No. 5.22	VARIACION DE COLOR DE AB (EXPERIMENTO 1 I) POR EFECTO DE LA IRRADIACION CON LUZ UV	158
TABLA No. 5.23	VARIACION DE COLOR DE AB (EXPERIMENTO 2 I) POR EFECTO DE LA IRRADIACION CON LUZ UV	159
TABLA No. 5.24	VARIACION DE COLOR DE AB (EXPERIMENTOS 3 I Y 4 I) POR EFECTO DE LA IRRADIACION CON LUZ UV	160
TABLA No. 5.25	EVALUACION DE ALGUNAS PROPIEDADES DE MUESTRAS IRRADIADAS	161
TABLA No. 5.26	VARIACION DE COLOR DE AB (EXPERIMENTOS 1 M Y 6 M) POR EFECTO DE LA IRRADIACION CON LUZ UV (TIEMPO DE IRRADIACION 14 DIAS)	162

TABLA No. 5.27	VARIACION DE ALGUNAS PROPIEDADES DE ABs POR EFECTO DE LA IRRADIACION CON LUZ UV (TIEMPO DE IRRADIACION 72 HORAS)	162
TABLA No. 5.28	VARIACION DEL COLOR DE MUESTRAS IRRADIADAS DE UN LOTE DE PRODUCCION (3 LI)	163
TABLA No. 5.29	RESULTADOS DE LA DETERMINACION DE COLOR DE MUESTRAS IRRADIADAS COMPARANDOLAS CON LAS MISMAS SIN IRRADIAR	163

CAPITULO VI

		PAGINA
TABLA No. 6.1	RESULTADOS DE CG-EM DEL COMPUESTO I	186
TABLA No. 6.2	RESULTADOS DE CG-EM DEL COMPUESTO II	187
TABLA No. 6.3	RESULTADOS DE CG-EM DEL COMPUESTO III	188
TABLA No. 6.4	RESULTADOS DE CG-EM DEL COMPUESTO IV	189
TABLA No. 6.5	RESULTADOS DE CG-EM DEL COMPUESTO V	190
TABLA No. 6.6	RESULTADOS DE CG-EM DEL COMPUESTO VI	191
TABLA No. 6.7	RESULTADOS DE CG-EM DEL COMPUESTO VII	192
TABLA No. 6.8	RESULTADOS DE CG-EM DE LOS COMPUESTO VIII Y IX	193
TABLA No. 6.9	RESULTADOS DE CG-EM DEL COMPUESTO X	194
TABLA No. 6.10	RESULTADOS DE CG-EM DEL COMPUESTO XI	195
TABLA No. 6.11	RESULTADOS DE CG-EM DE LOS COMPUESTO XII Y XIII	196
TABLA No. 6.12	RESULTADOS DE CG-EM DEL COMPUESTO XIV	197
TABLA No. 6.13	RESULTADOS DE CG-EM DEL COMPUESTO XV	198
TABLA No. 6.14	TIEMPOS DE RETENCION DE LOS COMPONENTES DETECTADOS EN MUESTRAS INYECTADAS EN EL CLAR BECKMAN	175
TABLA No. 6.15	TIEMPOS DE RETENCION DE LOS COMPONENTES DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN EL CLAR VARIAN	176
TABLA No. 6.16	SEÑALES DEL ESPECTRO DE RMN ¹³ C DEL LMB	176
TABLA No. 6.17	RESULTADOS DE LA DETERMINACION DEL INDICE DE YODO	177
TABLA No. 6.18	CORRELACION DE NUMERO DE ATOMOS DE BROMO Y DOBLES ENLACES C - C CON IONES ENTRE 291 A 295	179

CAPITULO VIII

		PAGINA
TABLA No. 8.1	NIVELES DE LOS FACTORES	306
TABLA No. 8.2	NIVELES MAS Y MENOS DESEABLES DE LOS PARAMETROS SELECCIONADOS COMO RESPUESTA PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AB DE ALGODON	307
TABLA No. 8.3	DISEÑO EXPERIMENTAL $L_9(3)^4$	307
TABLA No. 8.4	RESULTADOS OBTENIDOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL $L_9(3)^4$	308
TABLA No. 8.5	COEFICIENTES DE DESEABILIDAD PROMEDIO POR CADA NIVEL DE CADA FACTOR	308
TABLA No. 8.6	RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS CAMPEON DE PAPEL Y ECONOMICO	309
TABLA No. 8.7	VARIACION DE VP Y COLOR	310
TABLA No. 8.8	VARIACION DEL VP DE MUESTRAS DE REACCIONES 17 Y 18 A 50 °C	312
TABLA No. 8.9	VARIACION DEL VP DE MUESTRAS DE REACCIONES 17 Y 18 A 30 °C	313
TABLA No. 8.10	VARIACION DEL COLOR DE LAS MUESTRAS DE LA REACCION No. 17 A 15 °C Y 30 °C	315
TABLA No. 8.11	VARIACION DE COLOR Y VP DE LA REACCION No. 18 A 50 °C CON Y SIN VACIO	316
TABLA No. 8.12	TIEMPOS REQUERIDOS PARA QUE EL AB TENGA UN COLOR DE 10 Y BAJE SU VP A 5 (REACCIONES DE LA SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB, EMPLEANDO TECNICA NUEVA)	319
TABLA No. 8.13	RESULTADOS DE PARAMETROS ESTADISTICOS DE 10 REACCIONES LLEVADAS A CABO BAJO LAS MISMAS CONDICIONES	324
TABLA No. 8.14	EVALUACION ESTADISTICA DE ULTIMA CAMPAÑA DE FABRICACION DE AB	326

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I

		PAGINA
FIGURA No. 1.1	PRINCIPIO DEL FUNCIONAMIENTO DEL COLORIMETRO	12
FIGURA No. 1.2	EQUIPO USADO PARA LA BROMACION EN FASE GASEOSA DEL ACEITE DE ALGODON	17
FIGURA No. 1.3	CROMATOGRAMA DE GASES, ESTERES METILICOS DEL ACEITE DE MAIZ, DETECTOR: IONIZACION DE FLAMA	32
FIGURA No. 1.4	CROMATOGRAMA DE GASES, ESTERES METILICOS DEL ACEITE DE ALGODON, DETECTOR: IONIZACION DE FLAMA	33
FIGURA No. 1.5	CROMATOGRAMA DE GASES, ESTERES METILICOS DEL ACEITE DE AJONJOLI, DETECTOR: IONIZACION DE FLAMA	34
FIGURA No. 1.6	CROMATOGRAMA DE GASES, ESTERES METILICOS DEL ACEITE DE CANOLA, DETECTOR: IONIZACION DE FLAMA	35
FIGURA No. 1.7	CROMATOGRAMA DE GASES, ESTERES METILICOS DEL ACEITE DE MAIZ AMERICANO, DETECTOR: IONIZACION DE FLAMA	36
FIGURA No. 1.8	CROMATOGRAMA DE GASES, ESTERES METILICOS DEL ACEITE DE AGUACATE, DETECTOR: IONIZACION DE FLAMA	37
FIGURA No. 1.9	CROMATOGRAMA DE GASES, ESTERES METILICOS DEL ACEITE DE JOJOBA, DETECTOR: IONIZACION DE FLAMA	38
FIGURA No. 1.10	ESPECTROS DE MASAS DE COMPONENTES DE LOS ESTERES METILICOS DEL ACEITE DE JOJOBA (A) 11-EICOSENOATO DE METILO, (B) EM REPORTADO, (C) 13-DOCOSENOATO DE METILO Y (D) EM REPORTADO	39
FIGURA No. 1.11	ESPECTRO DE MASAS DE COMPONENTES DE LA TRANSESTERIFICACION METILICA DEL ACEITE DE JOJOBA, (A) EICOSENOL, (B) DOCOSENOL	40

FIGURA No. 1.12	ESPECTRO DE MASAS DEL TETRACOLENOL, COMPONENTE DE LA TRANSESTERIFICACION METILICA DEL ACEITE DE JOJOBA	41
FIGURA No. 1.13	CORRELACION ENTRE μ_x y Br_x	25
FIGURA No. 1.14	Br_x CONTRA TIEMPO DE REACCION	26

CAPITULO II

		PAGINA
FIGURA No. 2.1	EQUIPO PARA BROMACION DE AV EMPLEANDO BROMO EN FASE GASEOSA	48
FIGURA No. 2.2	VARIACION DEL COLOR DE MUESTRAS DE AB	58
FIGURA No. 2.3	CORRELACION ENTRE TIEMPO DE REACCION Y MOLES DE BROMURO DE HIDROGENO GENERADOS (15 °C)	62
FIGURA No. 2.4	CORRELACION ENTRE TIEMPO DE REACCION Y MOLES DE BROMO CONSUMIDOS (15 °C)	62
FIGURA No. 2.5	CORRELACION ENTRE TIEMPO DE REACCION Y MOLES DE BROMURO DE HIDROGENO GENERADOS (25 °C)	63
FIGURA No. 2.6	CORRELACION ENTRE TIEMPO DE REACCION Y MOLES DE BROMO CONSUMIDOS (25 °C)	64
FIGURA No. 2.7	CORRELACION ENTRE TIEMPO DE REACCION Y MOLES DE BROMURO DE HIDROGENO GENERADOS (35 °C)	65
FIGURA No. 2.8	CORRELACION ENTRE TIEMPO DE REACCION Y MOLES DE BROMO CONSUMIDOS (35 °C)	65
FIGURA No. 2.9	CORRELACION ENTRE MOLES DE BROMURO DE HIDROGENO GENERADOS Y MOLES DE BROMO CONSUMIDO (15 °C)	66
FIGURA No. 2.10	CORRELACION ENTRE MOLES DE BROMURO DE HIDROGENO GENERADOS Y MOLES DE BROMO CONSUMIDO (25 °C)	66
FIGURA No. 2.11	CORRELACION ENTRE MOLES DE BROMURO DE HIDROGENO GENERADOS Y MOLES DE BROMO CONSUMIDO (35 °C)	67
FIGURA No. 2.12	CORRELACION ENTRE μ_x Y Br_x (15 °C)	68
FIGURA No. 2.13	CORRELACION ENTRE μ_x Y Br_x (25 °C)	69
FIGURA No. 2.14	CORRELACION ENTRE μ_x Y Br_x (35 °C)	70
FIGURA No. 2.15	CORRELACION ENTRE μ_x Y AUMENTO DE PESO EN TRAMPA DE AV (35 °C)	70

CAPITULO III

		PAGINA
FIGURA No. 3.1	METODO SIMPLEX MODIFICADO	83
FIGURA No. 3.2	OPCION A DEL MSM	84
FIGURA No. 3.3	OPCION B DEL MSM	86
FIGURA No. 3.4	OPCION C DEL MSM	87
FIGURA No. 3.5	OPCION C 1, C 2, C 3 Y CONTRACCION MASIVA-R	88
FIGURA No. 3.6	OPCION D DEL MSM	89
FIGURA No. 3.7	OPCION D 1, D 2, D 3 Y CONTRACCION MASIVA-P	90

CAPITULO V

FIGURA No. 5.1

**VARIACION DE COLOR DE VARIAS MUESTRAS CON
DIFERENTES CANTIDADES DE ACEITE EPOXIDADO DE SOYA**

154

CAPITULO VI

		PAGINA
FIGURA No. 6.1	CG DEL OMB, (DETECTOR EM)	212
FIGURA No. 6.2	CG DEL LMB, (DETECTOR EM)	213
FIGURA No. 6.3	CG DEL OMB, SOMETIDO A DESHIDROBROMACION (DETECTOR EM)	214
FIGURA No. 6.4	CG DEL LMB, SOMETIDO A DESHIDROBROMACION (DETECTOR EM)	215
FIGURA No. 6.5	CG DE ESTERES METILICOS DEL ABM (DETECTOR EM)	216
FIGURA No. 6.6	CG DE ESTERES METILICOS DEL ABS (DETECTOR EM)	217
FIGURA No. 6.7	CG DE ESTERES METILICOS DEL ABA (DETECTOR EM)	220
FIGURA No. 6.8	EM DEL COMPUESTO I (ABM)	221
FIGURA No. 6.9	EM DEL COMPUESTO II (ABA)	222
FIGURA No. 6.10	EM DEL COMPUESTO III (ABS)	223
FIGURA No. 6.11	EM DEL COMPUESTO IV (ABS)	224
FIGURA No. 6.12	EM DEL COMPUESTO V (ABM)	225
FIGURA No. 6.13	EM DEL COMPUESTO VI (ABA)	226
FIGURA No. 6.14	EM DEL COMPUESTO VII (LMB)	227
FIGURA No. 6.15	EM DEL COMPUESTO VIII (ABM)	228
FIGURA No. 6.16	EM DEL COMPUESTO IX (ABM)	229
FIGURA No. 6.17	EM DEL COMPUESTO X 9,10-DIBROMOOCTADECANOATO DE METILO (ABS)	230
FIGURA No. 6.18	EM DEL COMPUESTO XI (LMB)	231
FIGURA No. 6.19	EM DEL COMPUESTO XII (ABM)	232
FIGURA No. 6.20	EM DEL COMPUESTO XIII (ABS)	233
FIGURA No. 6.21	EM DEL COMPUESTO XIV (ABS)	234
FIGURA No. 6.22	EM DEL COMPUESTO XV (ABS)	235
FIGURA No. 6.23	EM DEL COMPONENTE PRINCIPAL DEL OMB SOMETIDO A DESHIDROBROMACION 9(10)-BROMO-9-OCTADECENOATO DE METILO	236

FIGURA No. 6.24	EMs DE COMPONENTES BROMADOS DEL LMB SOMETIDO A DESHIDROBROMACION	237
FIGURA No. 6.25	CROMATOGRAMA DEL OMB (CLAR VARIAN)	238
FIGURA No. 6.26	CROMATOGRAMA DEL LMB (CLAR VARIAN)	239
FIGURA No. 6.27	CROMATOGRAMA DEL ABM (CLAR VARIAN)	240
FIGURA No. 6.28	ESPECTROS UV DEL OMB (EN TRES PUNTOS) (CLAR VARIAN)	241
FIGURA No. 6.29	ESPECTROS UV DEL LMB (EN TRES PUNTOS) (CLAR VARIAN)	242
FIGURA No. 6.30	ESPECTROS UV (EN TRES PUNTOS) DEL PICO DE LOS ESTERES METILICOS DEL ABM CON SIMILAR TIEMPO DE RETENCION AL PICO PRINCIPAL DEL OMB (CLAR VARIAN)	243
FIGURA No. 6.31	ESPECTROS UV (EN TRES PUNTOS) DEL PICO DE LOS ESTERES METILICOS DEL ABM CON SIMILAR TIEMPO DE RETENCION AL PICO PRINCIPAL DEL LMB (CLAR VARIAN)	244
FIGURA No. 6.32	CROMATOGRAMA DEL OM (CLAR BECKMAN)	245
FIGURA No. 6.33	CROMATOGRAMA DEL LM (CLAR BECKMAN)	246
FIGURA No. 6.34	CROMATOGRAMA DEL OMB (CLAR BECKMAN)	247
FIGURA No. 6.35	CROMATOGRAMA DEL LMB (CLAR BECKMAN)	248
FIGURA No. 6.36	CROMATOGRAMA DEL LNMB (CLAR BECKMAN)	249
FIGURA No. 6.37	ESPECTROS UV DEL OMB (EN TRES PUNTOS DEL PICO CON t_r -3.48 min) (CLAR BECKMAN)	250
FIGURA No. 6.38	ESPECTROS UV DE DOS COMPONENTES DEL OMB (CLAR BECKMAN)	251
FIGURA No. 6.39	ESPECTROS UV DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DEL OMB, LMB Y LNMB (CLAR BECKMAN)	252
FIGURA No. 6.40	ESPECTROS UV DEL COMPONENTE CON t_r -3.95 min DEL OMB, LMB Y LNMB (CLAR BECKMAN)	253
FIGURA No. 6.41	ESPECTROS UV DE DOS COMPONENTES DEL OMB Y DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DEL OM Y LM (CLAR BECKMAN)	254
FIGURA No. 6.42	ESPECTRO RMN ¹³C DEL LMB	255

FIGURA No. 6.43	ESPECTRO RMN ¹H DEL LMB	256
FIGURA No. 6.44	ESPECTRO RMN ¹³C DE LA MUESTRA 1 RM	257
FIGURA No. 6.45	ESPECTRO RMN ¹H DE LA MUESTRA 1 RM	258
FIGURA No. 6.46	ESPECTRO RMN ¹³C DE LA MUESTRA 2 RM	259
FIGURA No. 6.47	ESPECTRO RMN ¹H DE LA MUESTRA 2 RM	260
FIGURA No. 6.48	ESPECTRO RMN ¹³C DE LA MUESTRA 3 RM	261
FIGURA No. 6.49	ESPECTRO RMN ¹H DE LA MUESTRA 3 RM	262
FIGURA No. 6.50	ESPECTRO RMN ¹³C DE LA MUESTRA 4 RM	263
FIGURA No. 6.51	ESPECTRO RMN ¹H DE LA MUESTRA 4 RM	264
FIGURA No. 6.52	ESPECTRO RMN ¹³C DE LA MUESTRA 5 RM	265
FIGURA No. 6.53	ESPECTRO RMN ¹H DE LA MUESTRA 5 RM	266

CAPITULO VIII

		PAGINA
FIGURA No. 8.1	VARIACION DE COLOR CON RESPECTO AL TIEMPO (PRODUCTO DE LA REACCION No. 18)	311
FIGURA No. 8.2	VARIACION DEL VP CON EL TIEMPO DE CALENTAMIENTO	312
FIGURA No. 8.3	VARIACION DEL VP DE UNA MUESTRA DE LA REACCION No. 17 A DOS DIFERENTES TEMPERATURAS	314
FIGURA No. 8.4	VARIACION DEL VP DE UNA MUESTRA DE LA REACCION No. 18 A DOS DIFERENTES TEMPERATURAS	314
FIGURA No. 8.5	VARIACION DEL COLOR DE LAS MUESTRAS DE LA REACCION No. 18 A 15 °C Y 30 °C	316
FIGURA No. 8.6	VARIACION DE COLOR DE UNA MUESTRA DE LA REACCION No. 18 CON EL TIEMPO, EN FUNCION DEL VP INICIAL (TEMPERATURA 50 °C)	317
FIGURA No. 8.7	VARIACION DEL VALOR PEROXIDO (SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB, EMPLEANDO TECNICA NUEVA)	331
FIGURA No. 8.8	VARIACION DE DENSIDAD (SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB, EMPLEANDO TECNICA NUEVA)	331
FIGURA No. 8.9	VARIACION DEL PORCENTAJE DE ACIDOS GRASOS LIBRES (SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB, EMPLEANDO TECNICA NUEVA)	332
FIGURA No. 8.10	VARIACION DE PORCENTAJE DE HUMEDAD (SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB, EMPLEANDO TECNICA NUEVA)	332
FIGURA No. 8.11	VARIACION DEL INDICE DE YODO (SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB, EMPLEANDO TECNICA NUEVA)	333
FIGURA No. 8.12	VARIACION DEL COLOR (SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB, EMPLEANDO TECNICA NUEVA)	333
FIGURA No. 8.13	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (REACCION No. 2, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	334

FIGURA No. 8.14	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (REACCION No. 3, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	334
FIGURA No. 8.15	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (REACCION No. 4, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	335
FIGURA No. 8.16	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (REACCION No. 5, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	335
FIGURA No. 8.17	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (REACCION No. 6, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	336
FIGURA No. 8.18	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (REACCION No. 7, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	336
FIGURA No. 8.19	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (REACCION No. 8, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	337
FIGURA No. 8.20	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (REACCION No. 9, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	337
FIGURA No. 8.21	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (REACCION No. 10, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	338
FIGURA No. 8.22	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (REACCION No. 11, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	338
FIGURA No. 8.23	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (REACCION No. 12, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	339
FIGURA No. 8.24	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (REACCION No. 13, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	339
FIGURA No. 8.25	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (REACCION No. 14, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	340

FIGURA No. 8.26	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (REACCION No. 15, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	340
FIGURA No. 8.27	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (REACCION No. 16, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	341
FIGURA No. 8.28	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (REACCION No. 17, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	341
FIGURA No. 8.29	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (REACCION No. 18, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	342
FIGURA No. 8.30	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (VP INICIAL = 34) (REACCION No. 3, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	320
FIGURA No. 8.31	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (VP INICIAL = 18) (REACCION No. 8, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	320
FIGURA No. 8.32	CORRELACION DEL VP Y COLOR CON EL TIEMPO TRANSCURRIDO (VP INICIAL = 9) (REACCION No. 9, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	321
FIGURA No. 8.33	CORRELACION ENTRE VP Y COLOR (VP INICIAL = 34) (REACCION No. 3, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	321
FIGURA No. 8.34	CORRELACION ENTRE VP Y COLOR (VP INICIAL = 18) (REACCION No. 8, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	322
FIGURA No. 8.35	CORRELACION ENTRE VP Y COLOR (VP INICIAL = 9) (REACCION No. 9, SEGUNDA CAMPAÑA DE PRODUCCION DE AB)	322
FIGURA No. 8.36	VARIACION DEL COLOR DE ABs DE 11 LOTES DE PRODUCCION RECIENTES	327

FIGURA No. 8.37	VARIACION DEL PORCENTAJE DE AGL DE ABs DE 11 LOTES DE PRODUCCION RECIENTES	327
FIGURA No. 8.38	VARIACION DEL INDICE DE YODO DE ABs DE 11 LOTES DE PRODUCCION RECIENTES	328
FIGURA No. 8.39	VARIACION DEL VP DE ABs DE 11 LOTES DE PRODUCCION RECIENTES	328
FIGURA No. 8.40	VARIACION DE LA DENSIDAD DE ABs DE 11 LOTES DE PRODUCCION RECIENTES	329

LISTA DE ESQUEMAS

CAPITULO III

		PAGINA
ESQUEMA 3.1	DIAGRAMA DEL MSM	92

CAPITULO VI

		PAGINA
ESQUEMA 6.1	MECANISMO DE FRAGMENTACION PROPUESTO PARA EL COMPUESTO I	199
ESQUEMA 6.2	MECANISMO DE FRAGMENTACION PROPUESTO PARA EL COMPUESTO II	200
ESQUEMA 6.3	MECANISMO DE FRAGMENTACION PROPUESTO PARA EL COMPUESTO III	201
ESQUEMA 6.4	MECANISMO DE FRAGMENTACION PROPUESTO PARA EL COMPUESTO IV	202
ESQUEMA 6.5	MECANISMO DE FRAGMENTACION PROPUESTO PARA EL COMPUESTO V	203
ESQUEMA 6.6	MECANISMO DE FRAGMENTACION PROPUESTO PARA EL COMPUESTO VI	204
ESQUEMA 6.7	MECANISMO DE FRAGMENTACION PROPUESTO PARA EL COMPUESTO VII	205
ESQUEMA 6.8	MECANISMO DE FRAGMENTACION PROPUESTO PARA LOS COMPUESTO VIII Y IX	206
ESQUEMA 6.9	MECANISMO DE FRAGMENTACION PROPUESTO DEL COMPUESTO X	207
ESQUEMA 6.10	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO DEL COMPUESTO XI	208
ESQUEMA 6.11	MECANISMO DE FRAGMENTACION PROPUESTO PARA LOS COMPUESTO XII Y XIII	209
ESQUEMA 6.12	MECANISMO DE FRAGMENTACION PROPUESTO PARA EL COMPUESTO XIV	210
ESQUEMA 6.13	MECANISMO DE FRAGMENTACION PROPUESTO PARA EL COMPUESTO XV	211

CAPITULO VII

		PAGINA
ESQUEMA 7.1	MECANISMO GENERAL DE ADICION ELECTROFILA DE BROMO A DOBLES ENLACES OLEFINICOS	268
ESQUEMA 7.2	MECANISMOS DE BROMACION DE OLEFINAS BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE REACCION	269
ESQUEMA 7.3	MECANISMOS DE BROMACION PROPUESTOS PARA LA BROMACION DE TRIGLICERIDOS EN PRESENCIA DE SOLVENTES	273
ESQUEMA 7.4	MECANISMO DE BROMACION PROPUESTO PARA LA BROMACION DE TRIGLICERIDOS EN AUSENCIA DE SOLVENTE	274
ESQUEMA 7.5	MECANISMO DE ELIMINACION UNIMOLECULAR (E1)	275
ESQUEMA 7.6	MECANISMO DE BROMACION PROPUESTO PARA LA BROMACION DE LAS CADENAS DERIVADAS DEL ACIDO LINOLEICO DE LOS TRIGLICERIDOS EN AUSENCIA DE SOLVENTE	276
ESQUEMA 7.7	MECANISMO DE DESHIDROBROMACION PROPUESTO PARA CADENAS DERIVADAS DEL ACIDO LINOLEICO PARCIALMENTE BROMADAS DE LOS TRIGLICERIDOS	277
ESQUEMA 7.8	MECANISMO DE DESHIDROBROMACION PROPUESTO PARA CADENAS DERIVADAS DEL ACIDO LINOLEICO DE LOS TRIGLICERIDOS	278
ESQUEMA 7.9	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO DEL COMPUESTO I	280
ESQUEMA 7.10	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO DEL COMPUESTO II	280
ESQUEMA 7.11	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO DEL COMPUESTO III	281
ESQUEMA 7.12	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO DEL COMPUESTO IV	282
ESQUEMA 7.13	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO DE LOS COMPUESTOS V, XII Y XIII	283
ESQUEMA 7.14	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO DEL COMPUESTO XI	284

ESQUEMA 7.15	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO DEL COMPUESTO XV	284
ESQUEMA 7.16	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO 10-BROMO-9,12-OCTADECADIENOATO DE METILO (I)	286
ESQUEMA 7.17	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO 10-BROMO-9-OCTADECENOATO DE METILO (II)	287
ESQUEMA 7.18	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO 9,13-DIBROMO-10,12-OCTADECADIENOATO DE METILO (III)	288
ESQUEMA 7.19	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO 12,13-DIBROMO-8,10-OCTADECADIENOATO DE METILO (IV)	289
ESQUEMA 7.20	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO 9,10-DEBROMO-11,13-OCTADECADIENOATO DE METILO (V)	290
ESQUEMA 7.21	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO 12,13-DIBROMO-9-OCTADECENOATO DE METILO (VI)	291
ESQUEMA 7.22	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO 9,10-DIBROMO-11-OCTADECENOATO DE METILO (VII)	292
ESQUEMA 7.23	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO TRANS-9,10-DIBROMO-12-OCTADECENOATO DE METILO (VIII)	293
ESQUEMA 7.24	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO CIS-9,10-DIBROMO-12-OCTADECENOATO DE METILO (IX)	294
ESQUEMA 7.25	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO 9,10,12-TRIBROMO-12-OCTADECENOATO DE METILO (XI)	295
ESQUEMA 7.26	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO TRANS-9,10,12-TRIBROMO-13-OCTADECENOATO DE METILO (XII)	296
ESQUEMA 7.27	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO CIS-9,10,12-TRIBROMO-13-OCTADECENOATO DE METILO (XIII)	297
ESQUEMA 7.28	MECANISMO DE FORMACION PROPUESTO 10-BROMO-8,12-OCTADECADIENOATO DE METILO (XV)	298

ESQUEMA 7.29	MECANISMO DE SUSTITUCION NUCLEOFILA REACCION ENTRE EL ACEITE EPOXIDADO DE SOYA Y BROMURO DE HIDROGENO	299
ESQUEMA 7.30	MECANISMO DE SUSTITUCION NUCLEOFILA REACCION ENTRE EL ACEITE EPOXIDADO DE SOYA Y DERIVADOS CONTENIENDO BROMOS VINILICOS	300
ESQUEMA 7.31	REACCION ENTRE ALCOHOL Y UN DERIVADO CONTENIENDO BROMO VINILICO	301
ESQUEMA 7.32	ACCION CATALITICA DEL BROMURO DE HIDROGENO SOBRE LA REACCION DE DESHIDROBROMACION	302

LISTA DE CUADROS

CAPITULO III

		PAGINA
CUADRO No. 3.1	NIVELES DE LAS RESPUESTAS, METODOS No. 1 Y 2	106
CUADRO No. 3.2	COEFICIENTES DE DESEABILIDAD HASTA EL SEXTO DISEÑO DE EXPERIMENTOS (SE CONSIDERA LA DENSIDAD COMO RESPUESTA)	112
CUADRO No. 3.3	COEFICIENTES DE DESEABILIDAD HASTA EL SEXTO DISEÑO DE EXPERIMENTOS (NO SE CONSIDERA LA DENSIDAD COMO RESPUESTA)	112
CUADRO No. 3.4	COEFICIENTES DE DESEABILIDAD HASTA EL NOVENO DISEÑO DE EXPERIMENTOS (SE CONSIDERA LA DENSIDAD COMO RESPUESTA)	114
CUADRO No. 3.5	COEFICIENTES DE DESEABILIDAD HASTA EL NOVENO DISEÑO DE EXPERIMENTOS (NO SE CONSIDERA LA DENSIDAD COMO RESPUESTA)	114
CUADRO No. 3.6	METODO TAGUCHI, METODO No. 1 VALORES PROMEDIO DEL COEFICIENTE DE DESEABILIDAD POR NIVEL PARA CADA FACTOR	126
CUADRO No. 3.7	METODO TAGUCHI, METODO No. 2 VALORES PROMEDIO DEL COEFICIENTE DE DESEABILIDAD POR NIVEL PARA CADA FACTOR	126
CUADRO No. 3.8	METODO TAGUCHI, METODO No. 1 CONDICIONES DE LOS EXPERIMENTOS CAMPEON DE PAPEL Y ECONOMICO	127
CUADRO No. 3.9	METODO TAGUCHI, METODO No. 2 CONDICIONES DE LOS EXPERIMENTOS CAMPEON DE PAPEL Y ECONOMICO	127
CUADRO No. 3.10	LIMITES MAS Y MENOS DESEABLES DE LOS PARAMETROS SELECCIONADOS COMO RESPUESTA PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AB DE MAIZ	100

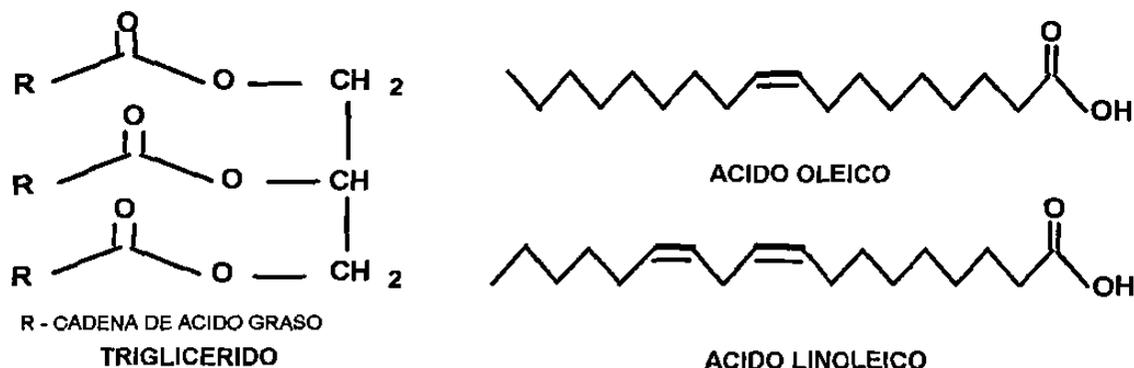
NOMENCLATURA

A	Aldrich
AB	aceite bromado
ABA	ésteres metílicos del aceite bromado de algodón
ABM	ésteres metílicos del aceite bromado de maíz
ABs	aceites bromados
ABS	ésteres metílicos del aceite bromado de soya
ADBE	ácido dibromoesteárico
AGL	ácidos grasos libres
AHBE	ácido hexabromoesteárico
ATBE	ácido tetrabromoesteárico
AL	ácido linoleico
ALB	ácido linoleico bromado
ALN	ácido linolénico
AO	ácido oleico
AOAC	Association of Official Analytical Chemist
AOB	ácido oleico bromado
AV	aceite vegetal
AVs	aceites vegetales
B	J.T.Baker
Br_x	cantidad de bromo consumida por 100 g de AV
CD	coeficiente de deseabilidad
CG	cromatograma, cromatografía o cromatógrafo de gases
Cp	capacidad potencial
Cpk	capacidad real
CV	coeficiente de variación
DBEM	dibromoestearato de metilo
DMF	dimetilformamida
EM	espectro de masas o espectrometría de masas
ESM	estearato de metilo
FCC	Food Chemical Codex
g	gramos
G	Great Lakes
HBEM	hexabromoestearato de metilo
h	horas

L	litros
LM	linoleato de metilo
LMB	linoleato de metilo bromado
LNM	linolenato de metilo
LNMB	linolenato de metilo bromado
K	kilogramos
M	Merck
mL	mililitros
μ_o	índice de refracción de AV a 40 °C
μ_x	índice de refracción de AB a 40 °C
MSM	método simplex modificado
MSMD	método simplex de múltiple descarte
MSMR	método simplex de múltiples respuestas
MSSB	método simplex secuencial básico
NBS	N-bromo succinimida
OM	oleato de metilo
OMB	oleato de metilo bromado
P	Productos Químicos Monterrey
PAM	palmitato de metilo
RMN	resonancia magnética nuclear
s	desviación estándar
TBEM	tetrabromoestearato de metilo
VA	valor ácido
VP	valor peróxido

INTRODUCCION

Los aceites bromados se obtienen a partir de la reacción entre el bromo y diversos tipos de aceites vegetales, principalmente aceite de maíz, aceite de algodón y aceite de soya. Estos aceites vegetales son triglicéridos constituidos principalmente por cadenas derivadas de ácidos linoleico y oleico.



Los aceites bromados de alta densidad tienen gran aplicación como aditivos en bebidas cítricas pues no ofrecen interferencia con el olor y sabor característicos; además, proveen una turbidez muy estable en las bebidas a las que son incorporados pues aumentan la estabilidad de la emulsión aceite - agua. En menor escala tienen aplicación como intermediarios en: adhesivos a prueba de fuego¹, modificación de resinas fenol formaldehído¹ y manufactura de laminados eléctricos aislantes².

En la primera parte de este trabajo se estudió la obtención de aceites bromados a partir de los siguientes aceites vegetales: maíz, algodón, soya, ajonjolí, girasol, canola, aguacate y jojoba. Posteriormente, se optimizó la obtención y calidad de los aceites de maíz y algodón mediante métodos sistemáticos de optimación. Se estudiaron también, métodos alternativos de obtención de aceite bromado que disminuyen el riesgo industrial ocasionado por el almacenaje y manejo directo del bromo líquido.

En la preparación de aceites bromados se observó que la degradación de éstos con el tiempo provoca oscurecimiento del producto. Se investigó su estabilización mediante diferentes tratamientos con: aceites epoxidados, peróxido de hidrógeno, hipoclorito de sodio y de calcio, irradiación con luz ultravioleta, antioxidantes y carbón activado. Se propuso un mecanismo que explica la acción de estabilización.

Se analizaron los aceites bromados mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM), cromatografía de líquidos de alta resolución (CLAR) y resonancia magnética nuclear (RMN) ^{13}C y ^1H . Una parte importante de este estudio fué la identificación de los componentes del aceite bromado por CG-EM. Como apoyo en la identificación de las estructuras de los componentes de los aceites bromados se prepararon los siguientes compuestos: 9,10-dibromooctadecanoato de metilo, 9,10,12,13-tetrabromooctadecanoato de metilo, 9,10,12,13,15,16-hexabromooctadecanoato de metilo y 9(10)-bromo-9-octadecenoato de metilo, los cuales fueron caracterizados por algunas de estas técnicas: CG-EM, CLAR y RMN ^{13}C y ^1H . Con los resultados obtenidos en base a los estudios realizados, se propuso un mecanismo que explica la formación de cada uno de los componentes detectados en los aceites bromados.

En base a los resultados obtenidos en el estudio de preparación y estabilización de aceites bromados en el laboratorio, se aplicó un nuevo método de fabricación a nivel industrial. Se realizó un estudio estadístico a nivel laboratorio para determinar la variabilidad que presentan las propiedades determinantes del aceite bromado: valor peróxido, color, densidad y contenido de ácidos grasos libres.

Los objetivos que se establecieron en el presente estudio se describen a continuación:

I. Objetivo General.

Desarrollar tecnología tanto a nivel laboratorio como industrial para la producción de aceites bromados, optimizando la calidad del producto y los costos del proceso.

II. Objetivos Específicos.

II. 1. Estudiar la reacción de obtención de aceites bromados.

II. 1. 1. Preparar aceites bromados bajo diferentes condiciones de reacción.

II. 1. 2. Analizar las propiedades fisicoquímicas de los aceites bromados.

II. 2. Optimizar la calidad y eficientar los costos en la preparación de aceite bromado.

II. 2. 1. Minimizar el número y tiempo de operaciones en la preparación del aceite bromado.

II. 2. 2. Obtener un producto que cumpla con las especificaciones establecidas.

II. 3. Evitar la degradación de los aceites bromados para impedir el oscurecimiento de los mismos.

II. 4. Estudiar las reacciones y productos de degradación de los aceites bromados.

- II. 4. 1. Determinar la composición de los aceites bromados mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM), cromatografía de líquidos de alta resolución (CLAR) y resonancia magnética nuclear (RMN) ^{13}C y ^1H .**
- II. 5. Proponer un mecanismo de reacción que explique los resultados obtenidos en este estudio.**
- II. 6. Efectuar un estudio estadístico de la variabilidad del proceso de fabricación de aceite bromado en el laboratorio y en la planta de producción.**
- II. 7. Aplicar a nivel industrial la tecnología desarrollada en el laboratorio de preparación y estabilización de aceites bromados.**