

TABLA DE CONTENIDO

LISTADO DE FIGURAS	19
LISTADO DE TABLAS.....	24
ECUACIONES	26
ABREVIATURAS Y TÉRMINOS	28

I. INTRODUCCIÓN

35

I.1. POLÍMEROS: SU INFLUENCIA EN EL MEDIOAMBIENTE

37

I.1.1. Impacto medioambiental 38

I.1.2. Compromisos y retos ambientales 41

I.2. POLÍMEROS ECOEFICIENTES

44

I.2.1. Polímeros termoplásticos..... 44

I.2.1.1. Polímeros convencionales..... 45

I.2.1.2. Biopolímeros 47

I.2.1.3. Ácido poliláctico (PLA)..... 57

I.2.2. Polímeros termoestables 61

I.2.2.1. (Bio)resinas epoxi..... 63

I.2.2.2. (Bio)resinas de poliéster insaturado 63

I.2.2.3. (Bio)resinas fenólicas 64

I.3. ACEITES VEGETALES EN LA INGENIERÍA.....

65

I.3.1. Composición y estructura de los aceites vegetales 66

I.3.2. Características y propiedades de los aceites 69

I.3.3. Modificaciones químicas aplicadas a aceites vegetales 72

I.3.3.1. Epoxidación..... 73

I.3.3.2. Maleinización..... 75

I.3.3.3. Acrilación..... 77

I.3.3.4. Hidroxilación..... 78

I.4. PLASTIFICANTES DERIVADOS DE ACEITES VEGETALES

80

I.4.1. Aceites vegetales epoxidados 82

I.4.2. Aceites vegetales maleinizados 82

I.4.3. Aceites vegetales acrilados..... 83

I.5. TERMOESTABLES DERIVADOS DE ACEITES VEGETALES.....

84

I.5.1. Resinas derivadas de aceites vegetales epoxidados 84

I.5.2. Resinas derivadas de aceites vegetales maleinizados.....	85
I.5.3. Resinas derivadas de aceites vegetales acrilados	86
I.6. NUEZ DE BRASIL	88
I.6.1. Producción mundial de nuez de Brasil y su relevancia en la conservación del Amazonas.....	88
I.6.2. Propiedades y composición de la nuez de Brasil	89
II. OBJETIVOS Y PLANIFICACIÓN	93
II.1. OBJETIVO GENERAL.....	95
II.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	95
OE.1. Optimización del empleo del aceite de nuez de Brasil maleinado como plastificante.....	95
OE.2. Optimización del empleo del aceite de nuez de Brasil epoxidado como plastificante.....	96
OE.3. Desarrollo de resinas termoestables a partir del aceite de la nuez de Brasil maleinado y epoxidado	96
III. EXPERIMENTAL	99
III.1. MATERIALES	101
III.1.1. Ácido Poliláctico (PLA).....	101
III.1.2. Semillas de nuez de Brasil y cáñamo.....	101
III.1.3. Reactivos empleados en el desarrollo de termoestables.....	102
III.2. PROCESADO	104
III.2.1. Obtención del aceite de la nuez de Brasil	104
III.2.2. Proceso de maleinización del aceite de la nuez de Brasil	105
III.2.3. Proceso de epoxidación del aceite de la nuez de Brasil.....	107
III.2.4. Proceso de homogeneización de mezclas mediante extrusión	110
III.2.5. Procesado de probetas mediante inyección.....	111
III.2.6. Procesado de materiales termoestables	111
III.3. TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN	114
III.3.1. Caracterización química.....	114
III.3.3.1. Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR).....	114
III.3.3.2. Determinación del índice de yodo.....	115
III.3.3.3. Determinación del índice de acidez	117
III.3.3.4. Determinación del oxígeno oxiránico y el peso equivalente epoxídico	118

III.3.2. Caracterización térmica	120
III.3.2.1. Calorimetría diferencial de barrido (DSC)	120
III.3.2.2. Análisis termogravimétrico (TGA)	121
III.3.3. Caracterización termo-mecánica.....	122
III.3.3.1. Análisis Dinámico-Mecánico (DTMA).....	122
III.3.3.2. Determinación de la temperatura de flexión bajo carga (HDT).....	123
III.3.4. Caracterización morfológica.....	123
III.3.4.1. Microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FESEM) .	124
III.3.5. Caracterización mecánica.....	125
III.3.5.1. Ensayo de tracción	125
III.3.5.2. Ensayo de flexión	126
III.3.5.3. Ensayo de impacto	126
III.3.5.4. Ensayo de dureza.....	127
III.3.6. Desintegración en condiciones de compost	128

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 129

IV.1. Optimización del empleo del aceite de nuez de Brasil maleinizado como plastificante 131

IV.1.1 Síntesis del aceite de semilla de cáñamo y del aceite de la nuez de Brasil.	131
IV.1.2. Efecto del MBNO y del MHO en las propiedades mecánicas de las formulaciones de PLA plastificado.	133
IV.1.3. Efecto del MBNO y del MHO en las propiedades térmicas de las formulaciones de PLA plastificado	140
IV.1.4. Efecto del MBNO y MHO en las propiedades termo-mecánicas de las formulaciones de PLA plastificadas.....	144
IV.1.5. Desintegración bajo condiciones de compostaje de las formulaciones de PLA	147

IV.2. Optimización del uso del aceite de nuez de Brasil epoxidado como plastificante 151

IV.2.1. Síntesis del aceite epoxidado de nuez de Brasil	151
IV.2.2. Efectos del EBNO en las propiedades mecánicas de las formulaciones de PLA plastificado	152
IV.2.3. Efectos del EBNO en las propiedades térmicas de las formulaciones de PLA plastificado.....	154
IV.2.4. Efectos del EBNO en las propiedades termo-mecánicas de las formulaciones de PLA plastificado	157
IV.2.5. Morfología de las formulaciones de PLA con EBNO	160
IV.2.6. Desintegración en condiciones de compostaje de formulaciones de PLA	161

IV.3. Desarrollo de resinas termoestables a partir del aceite de la nuez de Brasil maleinizado y epoxidado	164
IV.3.1. Características químicas de los aceites	164
IV.3.2. Análisis de grupos funcionales de materias primas y muestras curadas .	165
IV.3.3. Propiedades mecánicas de las resinas termoestables	166
IV.3.4. Propiedades térmicas de las resinas termoestables	169
IV.3.5. Propiedades morfológicas de las resinas termoestables.....	171
V. CONCLUSIONES	173
V.1. PARTIAL CONCLUSIONS	175
V.1.1. Partial conclusions OE.1	175
V.1.2. Partial conclusions OE.2	175
V.1.3. Partial conclusions OE.3	176
V.2. GENERAL CONCLUSION	177
REFERENCIAS	179