

# TABLA DE CONTENIDO

<b>I. INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>I.1. BIOPOLÍMEROS, UNA ALTERNATIVA A LOS PLÁSTICOS CONVENCIONALES</b> .....	<b>3</b>
I.1.1. Clasificación de los biopolímeros .....	5
I.1.1.1. Biopolímeros de origen natural.....	5
<b>I.2. OVERVIEW OF POLY LACTIC ACID (PLA)</b> .....	<b>6</b>
I.2.1. Synthesis, chemical structure, and production of PLA.....	6
I.2.2. General properties of PLA.....	9
I.2.2.1. Thermal properties .....	9
I.2.2.2. Rheological properties.....	10
I.2.2.3. Mechanical properties, transformation, and processing of PLA .....	11
I.2.2.4. PLA Oxygen Permeability .....	12
I.2.2.5. PLA degradation .....	13
I.2.2.5.1. Thermal degradation .....	13
I.2.2.5.2. Hydrolytic degradation .....	14
I.2.2.5.3. Enzymatic and compost degradation .....	15
I.2.2.5.4. Photodegradation.....	16
I.2.3. Uses of poly lactic acid in industry .....	17
<b>I.3. PLA-BASED POLYMERIC FORMULATIONS THROUGH THE INCORPORATION OF ADDITIVES OF NATURAL ORIGIN</b> .....	<b>18</b>
<b>I.4. INTRODUCTION TO RESIN</b> .....	<b>20</b>
I.4.1. Rosin resin (gum rosin) .....	21
I.4.1.1. Obtaining rosin resin.....	21
I.4.1.2. Composition and chemical structure of rosin .....	22
I.4.1.3. Rosin properties .....	24
I.4.1.3.1. Thermal stability of rosin and oxidation .....	24
I.4.1.3.2. Antibacterial properties and toxicity.....	25
I.4.1.4. Chemical modification processes of rosin.....	25
I.4.1.4.1. Esterification.....	26
I.4.1.4.2. Hydrogenation .....	26
I.4.1.4.3. Dimerization .....	27
I.4.1.4.4. Disproportionation.....	27
I.4.2. Natural resin of <i>Clusia rosea</i> flower .....	28
<b>I.5. STATE OF THE ART</b> .....	<b>29</b>
I.5.1. Background and literature search.....	29
<b>II. PLANNING AND OBJECTIVES</b> .....	<b>33</b>
<b>II.1. OBJETIVES</b> .....	<b>35</b>
II.1.1. General objective .....	35
II.1.2. Specific objectives .....	35
<b>II.2. RESEARCH PLANNING</b> .....	<b>36</b>
<b>III. EXPERIMENTAL</b> .....	<b>39</b>

<b>III.1. MATERIALS .....</b>	<b>41</b>
<b>III.2. PROCESSING TECHNIQUES .....</b>	<b>49</b>
III.2.1. Hot melt extrusion.....	49
III.2.2. Injection molding.....	51
<b>III.3. CHARACTERIZATION TECHNIQUES .....</b>	<b>53</b>
III.3.1. Thermal analysis.....	53
III.3.1.1. Thermo-gravimetric Analysis (TGA).....	53
III.3.1.2. Differential Scanning Calorimetry (DSC) .....	56
III.3.1.3. Heat deflection temperature (HDT) .....	59
III.3.1.4. Vicat Softening Temperature (VICAT) .....	60
III.3.1.5. Dynamic mechanical thermal analysis (DMTA).....	61
III.3.2. Rheological tests .....	63
III.3.2.1. Rotational Rheometer.....	63
III.3.2.2. Melt Flow index (MFI) .....	65
III.3.3. Mechanical analysis techniques .....	66
III.3.3.1. Tensile.....	67
III.3.3.2. Flexural.....	69
III.3.3.3. Charpy impact resistance.....	70
III.3.3.4. Hardness Shore D .....	72
III.3.4. Microstructural analysis.....	73
III.3.4.1. Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR).....	74
III.3.4.2. Field Emission-Scanning Electron Microscope (FESEM) .....	75
III.3.5. Surface characterization and other techniques .....	77
III.3.5.1. Color measurement .....	77
III.3.5.2. Water contact angle (wettability) .....	79
III.3.5.3. Water absorption and diffusion coefficient .....	81
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>85</b>
<b>IV.1. MODIFICACIÓN DE POLI (ÁCIDO LÁCTICO) MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE RESINA DE COLOFONIA Y DERIVADO DE COLOFONIA .....</b>	<b>89</b>
IV.1.1. Introducción.....	89
IV.1.2. Métodos específicos y procedimientos .....	90
IV.1.2.1. Materiales.....	90
IV.1.2.2. Preparación de las muestras.....	90
IV.1.2.3. Medidas del Índice de fluidez .....	91
IV.1.2.4. Humectabilidad y absorción de agua .....	92
IV.1.2.5. Medición de color .....	92
IV.1.2.6. Caracterización térmica .....	93
IV.1.2.7. Caracterización mecánica .....	93
IV.1.2.8. Caracterización termo-mecánica.....	94
IV.1.2.9. Estudio morfológico .....	94
IV.1.3. Resultados y discusiones.....	95

IV.1.3.1.	Medición del índice de fluidez.....	95
IV.1.3.2.	Análisis de humectabilidad y absorción de agua .....	96
IV.1.3.3.	Análisis de color .....	99
IV.1.3.4.	Propiedades térmicas .....	102
IV.1.3.5.	Propiedades mecánicas.....	107
IV.1.3.6.	Estudio morfológico .....	117
IV.1.4.	Conclusiones parciales .....	119
<b>IV.2. MEJORA DE LA PROCESABILIDAD DEL PLA MEDIANTE MEZCLA FÍSICA CON ÉSTERES DE COLOFONIA .....</b>		<b>120</b>
IV.2.1.	Introducción.....	120
IV.2.2.	Métodos específicos y procedimientos .....	121
IV.2.2.1.	Materiales.....	121
IV.2.2.2.	Preparación de las mezclas .....	122
IV.2.2.3.	Análisis del índice de fluidez .....	123
IV.2.2.4.	Análisis térmico y caracterización termo-mecánica .....	123
IV.2.2.5.	Propiedades de tracción .....	124
IV.2.2.6.	Microscopio de barrido de emisión de campo (FESEM) .....	124
IV.2.2.7.	Espectroscopia Infrarroja (FTIR) .....	125
IV.2.3.	Resultados y discusiones.....	125
IV.2.3.1.	Medida del índice de fluidez y evaluación de la procesabilidad .....	125
IV.2.3.2.	Evaluación térmica y mediciones de propiedades termo-mecánicas .....	127
IV.2.3.3.	Propiedades de tracción .....	137
IV.2.3.4.	Evaluación microestructural .....	139
IV.2.3.5.	Análisis por espectroscopia infrarroja.....	142
IV.2.4.	Conclusiones parciales .....	144
<b>IV.3. CONTROL DE LA BIODEGRADABILIDAD DEL PLA EN CONDICIONES DE COMPOSTAJE MEDIANTE LA MEZCLA CON RESINA DE COLOFONIA MODIFICADA LIBRE DE FENOLES ...</b>		<b>145</b>
IV.3.1.	Introducción.....	145
IV.3.2.	Métodos específicos y procedimientos .....	146
IV.3.2.1.	Materiales.....	146
IV.3.2.2.	Preparación de mezcla binaria .....	146
IV.3.2.3.	Análisis térmico .....	147
IV.3.2.4.	Desintegración en condiciones de compostaje.....	148
IV.3.2.5.	Absorción de agua y determinación del coeficiente de difusión .....	149
IV.3.2.6.	Propiedades mecánicas.....	150
IV.3.2.7.	Estudio morfológico .....	150
IV.3.3.	Resultados y discusiones.....	151
IV.3.3.1.	Degradación y caracterización térmica de las mezclas de PLA-UP .....	151
IV.3.3.2.	Biodegradabilidad en condiciones de compostaje.....	157
IV.3.3.3.	Análisis de absorción de agua y coeficiente de difusión.....	161
IV.3.3.4.	Propiedades mecánicas.....	163

IV.3.3.5.	Caracterización morfológica.....	168
IV.3.4.	Conclusiones parciales .....	170
<b>IV.4.</b>	<b>INFLUENCIA DE LA RESINA DE COLOFONIA MODIFICADA LIBRE DE FENOLES EN EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y MECÁNICO DEL PLA EN FUNCIÓN DE SU GRADO DE CRISTALINIDAD Y PESO MOLECULAR .....</b>	<b>171</b>
IV.4.1.	Introducción.....	171
IV.4.2.	Métodos específicos y procedimientos .....	171
IV.4.2.1.	Materiales.....	171
IV.4.2.2.	Preparación de formulaciones.....	172
IV.4.2.3.	Análisis propiedades térmica.....	173
IV.4.2.4.	Análisis espectroscópico (FTIR) .....	174
IV.4.2.5.	Comportamiento mecánico .....	174
IV.4.2.6.	Propiedades reológicas .....	175
IV.4.2.7.	Evaluación morfológica.....	175
IV.4.3.	Resultados y discusiones.....	175
IV.4.3.1.	Comportamiento térmico.....	175
IV.4.3.2.	Análisis espectroscópico .....	183
IV.4.3.3.	Comportamiento mecánico .....	185
IV.4.3.4.	Análisis reológico.....	189
IV.4.3.5.	Evaluación morfológica.....	192
IV.4.4.	Conclusiones parciales .....	194
<b>IV.5.</b>	<b>EXTRACCIÓN DE RESINA FLORAL EXÓTICA Y APROVECHAMIENTO DE SU RESIDUO AGROFORESTAL EN EL DESARROLLO DE MATERIALES COMPUESTOS TERMOPLÁSTICOS BIODEGRADABLES A BASE DE POLI(ÁCIDO LÁCTICO).....</b>	<b>197</b>
IV.5.1.	Introducción.....	197
IV.5.2.	Métodos específicos y procedimientos .....	198
IV.5.2.1.	Materiales.....	198
IV.5.2.2.	Extracción de la resina floral y separación de compuestos .....	198
IV.5.2.3.	Preparación de bio-compuestos .....	200
IV.5.2.4.	Técnicas de caracterización .....	201
IV.5.3.	Resultados y discusiones.....	203
IV.5.3.1.	Extracción de la resina floral .....	203
IV.5.3.2.	Caracterización térmica.....	204
IV.5.3.3.	Análisis de espectroscopía infrarroja .....	209
IV.5.3.4.	Medición de las propiedades de color .....	213
IV.5.3.5.	Propiedades mecánicas.....	215
IV.5.3.6.	Evaluación morfológica.....	217
IV.5.4.	Conclusiones parciales .....	219
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONS.....</b>	<b>221</b>
<b>V.1.</b>	<b>GENERAL CONCLUSIONS .....</b>	<b>223</b>
<b>V.2.</b>	<b>SPECIFIC CONCLUSIONS .....</b>	<b>223</b>

V.2.1. Conclusion of Modification of poly (lactic acid) through the incorporation of gum rosin and gum rosin derivative: mechanical performance and hydrophobicity .....	223
V.2.2. Conclusion of Enhanced processability of poly (lactic acid) by fiscal blending with rosin esters .....	224
V.2.3. Conclusion of Control of PLA biodegradability under composting conditions by blending with Phenolic free modified rosin resin.....	225
V.2.4. Conclusion of Influence of phenolic free modified rosin resin on the thermal and mechanical behavior of PLA depending on its crystallinity degree and molecular weight .....	226
V.2.5. Conclusion of Extraction of exotic floral resin and the use of its agroforestry residue: Development of biodegradable thermoplastic composites materials based on poly (lactic acid) .....	226
<b>VI. REFERENCIAS.....</b>	<b>227</b>
<b>VII. APÉNDICES.....</b>	<b>255</b>
<b>VII.1. LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>257</b>
<b>VII.2. LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>262</b>