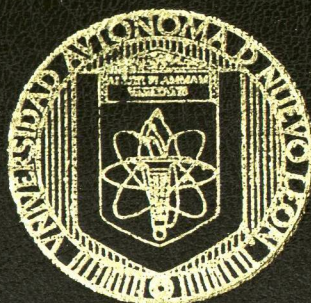


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**ELABORACION DE PELICULAS PLASTICAS  
FLEXIBLES A PARTIR DE POLIMEROS NATURALES  
COMO UNA ALTERNATIVA DE EMPAQUE Y LA  
EVALUACION DE SUS PROPIEDADES**

**TESIS**

**QUE PRESENTA LA  
I.B. OLGA MIRIAM RUTIAGA QUINONES**

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

**MONTERREY, N. L., MEXICO      NOVIEMBRE, 2002**

**ELABORACION DE PELICULAS PLASTICAS  
FLEXIBLES A PARTIR DE POLIMEROS NATURALES  
COMO UNA ALTERNATIVA DE EMPAQUE Y LA  
EVALUACION DE SUS PROPIEDADES**

**O. M. R. Q.**

**TD  
HD9662  
.C662  
R8  
2002  
c.1**

**2002**



1080124502

TD

H09662

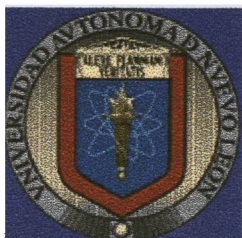
.C662

R8

2002



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**ELABORACIÓN DE PELÍCULAS PLÁSTICAS FLEXIBLES A PARTIR DE  
POLÍMEROS NATURALES COMO UNA ALTERNATIVA DE EMPAQUE Y LA  
EVALUACIÓN DE SUS PROPIEDADES.**

**TESIS**

**QUE PRESENTA LA**

**I.B. OLGA MIRIAM RUTIAGA QUIÑONES**

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE**

**DOCTOR EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN  
BIOTECNOLOGÍA**

**MONTERREY, N.L. MÉXICO**

**NOVIEMBRE, 2002.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACUTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**ELABORACIÓN DE PELÍCULAS PLÁSTICAS FLEXIBLES A PARTIR DE  
POLÍMEROS NATURALES COMO ALTERNATIVA DE EMPAQUE Y LA  
EVALUACIÓN DE SUS PROPIEDADES .**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN BIOTECNOLOGÍA  
POR

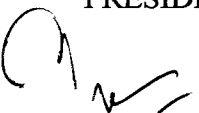
I.B. OLGA MIRIAM RUTIAGA QUIÑONES

APROBADA

COMISIÓN DE TESIS

  
\_\_\_\_\_  
DRA. KATUSHKA AREVALO NIÑO  
DIRECTOR  
PRESIDENTE

  
\_\_\_\_\_  
DRA. LILIA H. MORALES R.  
SECRETARIO

  
\_\_\_\_\_  
DR. SYED H. IMAM  
ASESOR EXTERNO

\_\_\_\_\_  
DR. LUIS J. GALÁN WONG  
VOCAL

  
\_\_\_\_\_  
DR. HIRAM MEDRANO ROLDÁN  
ASESOR EXTERNO

MONTERREY N.L. MÉXICO

NOVIEMBRE 2002

**EI PRESENTE TRABAJO SE REALIZO EN EL LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA INDUSTRIAL Y DEL SUELO “DR. H.T. DULMAGE”, DEL DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGIA E INMUNOLOGIA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS, UANL., EN COLABORACIÓN CON LA UNIDAD DE BIOPOLÍMEROS DEL CENTRO NACIONAL PARA LA UTILIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN EN AGRICULTURA, ARS/USDA/NCAUR, PEORIA, ILLINOIS, EUA., BAJO LA DIRECCIÓN INTERNA DE LA DRA. KATIUSHKA ARÉVALO NIÑO (FCB/AUNL) Y DIRECCIÓN EXTERNA DEL DR. SYED H. IMAM (ARS/USDA/NCAUR).**

## AGRADECIMIENTOS

*A DIOS por el maravilloso don de la vida y por mostrarme siempre el camino hacia la felicidad.*

*A FEDERICO por compartir tu vida conmigo, por apoyarme y comprenderme siempre, por estar siempre a mi lado. Te amo.*

*A MIS PADRES quienes siempre han sido un ejemplo de lucha, por su apoyo y por haberme dado la vida.*

*A MIS HERMANOS porque siempre me han motivado a seguir adelante, por todo su apoyo. Gracias.*

*A MIS MAESTROS por compartir conmigo sus conocimientos. Gracias.*

*A la Dra. Katy por haber confiado en mi sin conocerme, por estos años de apoyo y amistad, Gracias.*

*Al Dr. Syed por todo su tiempo y sus valiosos consejos, por su amistad. Gracias.*

*Al comité de tesis por sus valiosas aportaciones. Gracias*

*A la Dra. Herlinda Soto, por su apoyo en las pruebas de barrera. Gracias.*

*A todas las instituciones que colaboraron para el desarrollo de este trabajo: UANL, USDA, CIAD. A.C, UAC, ITD y PLEMSA S.A. de C.V.*

*A mis compañeros del Laboratorio de Microbiología Industrial y del suelo, Maestra Lupita, Carlos, Lucia, Ruby, Erick, Elizabeth, Lupita, por sus consejos, compañía, y amistad gracias.*

*A Rosalinda Niño por su apoyo en la elaboración de algunas películas.*

*A las Secretarias, Alejandra, Doris, Edna y Luly, y a Josué por todo su apoyo. Gracias.*

*A toda la gente que intervino para que este trabajo se llevara a cabo. Gracias.*

*Olga Miriam Rutiaga Quiñones*



***“El cumplimiento de esta meta es solo el principio de un camino  
lleno de retos”***

***A ti precioso mi esposo FEDERICO***

***Porque llegaste a mi vida en el momento justo, porque compartiste mis sueños y me apoyaste con todo tu amor, porque juntos comenzamos una nueva vida, que tiene un inicio pero no un fin, porque sin tu amor y tu apoyo esto no sería posible y porque siempre has creído en mí. TE AMO, este es un logro en común, una meta que es nuestra.  
MIL GRACIAS PRECIOSO.***

***A MIS PADRES y HERMANOS***

***Porque siempre conté con su apoyo y con la confianza de poder lograrlo, muchas gracias por todo, los quiero mucho.***

---



---

**LISTA DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b>	Tipos de Termoplásticos	8
<b>Tabla 2</b>	Precios del mercado para los materiales biodegradables y No-Biodegradables	31
<b>Tabla 3</b>	Condiciones de solubilidad de los polímeros	58
<b>Tabla 4</b>	Condiciones para determinar el contenido de grupos ionizables	58
<b>Tabla 5</b>	Composición química de las películas	60
<b>Tabla 6</b>	Propiedades físicas de los polímeros	72
<b>Tabla 7</b>	Titulación Potenciométrica	72
<b>Tabla 8</b>	Comportamiento Reológico de la Formulación 1A <sub>8</sub>	80
<b>Tabla 9</b>	Comportamiento Reológico de la Formulación 1B <sub>2</sub>	81
<b>Tabla 10</b>	Comportamiento Reológico de la Formulación 2A <sub>5</sub>	82
<b>Tabla 11</b>	Comportamiento Reológico de la Formulación 3A <sub>1</sub>	83
<b>Tabla 12</b>	Comportamiento Reológico de la Formulación 3A <sub>4</sub>	84
<b>Tabla 13</b>	Comportamiento Reológico de la Formulación 3B <sub>6</sub>	85
<b>Tabla 14</b>	Propiedades Fisicomécanicas de las películas plásticas formuladas a partir del grupo 1	93
<b>Tabla 15</b>	Propiedades Fisicomécanicas de las películas plásticas formuladas a partir del grupo 2	95
<b>Tabla 16</b>	Propiedades Fisicomécanicas de las películas plásticas formuladas a partir del grupo 3	97
<b>Tabla 17</b>	Número de microorganismos adheridos por cm <sup>2</sup> de muestra de los formulados colocados en suelo de jardín Verano 2001	101
<b>Tabla 18</b>	Condiciones del Suelo en las diferentes fechas de colecta	101
<b>Tabla 19</b>	Análisis Físicoquímico del suelo de jardín, ubicado en la facultad de C Biológicas de la U.A.N.L.	101
<b>Tabla 20</b>	Pruebas de Barrera	124

---

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1</b>	Clasificación de los biopolímeros en base a su origen y modo de obtención	18
<b>Figura 2</b>	Proceso de obtención del almidón	32
<b>Figura 3</b>	Estructura química del almidón, polímero de glucosa	33
<b>Figura 4</b>	Semejanzas químicas entre la Celulosa y la Amilosa	34
<b>Figura 5</b>	Estructura física y química de la Amilopectina	35
<b>Figura 6</b>	Entrecruzamiento para reforzar los granulos del almidón	36
<b>Figura 7</b>	Estabilización del almidón	37
<b>Figura 8</b>	Estructura química del ácido Pectínico	41
<b>Figura 9</b>	Estructura química de la pectina	41
<b>Figura 10</b>	Proceso de obtención de la pectina	43
<b>Figura 11</b>	Estructura química del quitosan	46
<b>Figura 12</b>	Materia prima para la elaboración de las películas	60
<b>Figura 13</b>	Cuchilla y placa de acrílico	60
<b>Figura 14</b>	Método de “casting” o vaciado en placa	60
<b>Figura 15</b>	Secado de las películas	60
<b>Figura 16</b>	Recuperación de las películas	60
<b>Figura 17</b>	Medidor de permeabilidad al Oxígeno OX-TRAN 100A	69
<b>Figura 18</b>	Cápsulas para determinación de WVTR	69
<b>Figura 19</b>	Preparación de la muestra para la prueba de WVTR	69
<b>Figura 20</b>	Cámara de humedad controlada para la determinación de la permeabilidad al vapor de agua WVTR	69
<b>Figura 21</b>	Titulación Potenciométrica del polímero catiónico A	73
<b>Figura 22</b>	Titulación Potenciométrica del polímero catiónico B	73
<b>Figura 23</b>	Titulación Potenciométrica del polímero aniónico D	74
<b>Figura 24</b>	Titulación Potenciométrica del polímero aniónico E	74
<b>Figura 25</b>	Titulación Potenciométrica del polímero catiónico F	75

---

<b>Figura 26</b>	Espectro de infrarrojo por transformadas de Fourier de los polímeros catiónicos A y B.	87
<b>Figura 27</b>	Espectro de infrarrojo por transformadas de Fourier de los polímeros aniónico E y D.	88
<b>Figura 28</b>	Espectro de infrarrojo por transformadas de Fourier de los polímeros aniónico F.	89
<b>Figura 29</b>	Espectros de Infrarrojo de las películas de PEBD a las 0 horas.	104
<b>Figura 30</b>	Espectros de Infrarrojo de las películas de PEBD a las 192 horas.	104
<b>Figura 31</b>	Espectros de infrarrojo de la película 1A <sub>8</sub> a las 0 horas y a las 192 horas de exposición a suelo de jardín.	105
<b>Figura 32</b>	Espectros de infrarrojo de la película 2A <sub>5</sub> a las 0 horas y a las 192 horas de exposición a suelo de jardín.	106
<b>Figura 33</b>	Espectros de infrarrojo de la película 3A <sub>1</sub> estudiadas a las 0 horas y a las 192 horas de exposición a suelo de jardín.	107
<b>Figura 34</b>	Espectros de infrarrojo de las películas estudiadas a las 0 horas y a las 192 horas de exposición a suelo de jardín	108
<b>Figura 35</b>	Espectros de Infrarrojo de las películas donde se muestra la evaluación de la disminución en la absorbancia en los picos característicos.	109
<b>Figura 36</b>	Espectros de Infrarrojo de las películas donde se muestra la evaluación de la disminución en la absorbancia en los picos característicos.	110
<b>Figura 37</b>	Fotografía de microscopio electrónico de Barrido del control negativo (PBDE) a las cero horas (1) y a las 192 horas (2).	112
<b>Figura 38</b>	Fotografía de microscopio electrónico de Barrido de la película 1 A <sub>8</sub> a las cero horas (1) y a las 192 horas (2).	113
<b>Figura 39</b>	Fotografía de microscopio electrónico de Barrido de la película 2 A <sub>5</sub> a las cero horas (1) y a las 192 horas (2).	114
<b>Figura 40</b>	Fotografía de microscopio electrónico de Barrido de la película 3 A <sub>1</sub> a las cero horas (1) y a las 192 horas (2).	115

---

---

<b>Figura 41</b>	Fotografía de microscopio electrónico de Barrido del control positivo (MB-23) a las cero horas (1) y a las 192 horas (2).	116
<b>Figura 42</b>	Cinética de producción de CO <sub>2</sub> de las películas analizadas	118
<b>Figura 43</b>	Porcentaje de biodegradación por Respirometría.	118

---

**LISTA DE ABREVIATURAS**

---

$\tau$	Esfuerzo de corte
$\gamma$	Gradiente de velocidad
$\eta$ ó $Tg$ $\alpha$	Viscosidad
<b>A. C.</b>	Asociación Civil
<b>AM</b>	Alta Metilación
<b>ANOVA</b>	Análisis de varianza
<b>BM</b>	Baja Metilación
<b>C</b>	Concentración
<b>Ca<sup>++</sup></b>	Iones calcio
<b>cc</b>	Centímetro cúbico
<b>cm</b>	Centímetro
<b>CO<sub>2</sub></b>	Bióxido de carbono
<b>CP</b>	Centipoise
<b>CH<sub>3</sub>OOH</b>	Ácido Acético
<b>D.S</b>	Desviación estándar
<b>DS</b>	Grado de sustitución
<b>g</b>	Gramo
<b>h</b>	Hora
<b>HCl</b>	Ácido clorhídrico
<b>hrs</b>	Horas
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Ecología
<b>IRTF</b>	Infrarrojo por Transformadas de Fourier
<b>k</b>	Pendiente
<b>LGEEPA</b>	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
<b>M</b>	Molar
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>Mils</b>	Milésima de pulgada

---

---

<b>min</b>	Minuto
<b>ml</b>	Mililitro
<b>MPa</b>	Megapascal
<b>N</b>	Newton
<b>N.L.</b>	Nuevo León
<b>NaOH</b>	Hidróxido de Sodio
<b>NCAUR</b>	Centro Nacional para la Utilización de la investigación en Agricultura
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxígeno
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>P</b>	Presión Parcial
<b>Pas</b>	Pascal
<b>PEBD</b>	Polietileno de Baja Densidad
<b>PET o PETE</b>	Polietilenotertalato
<b>PHA</b>	Polihidroxialcanoato
<b>PHB</b>	Polihidroxibutirato
<b>PHBV</b>	Polihidroxibutiratovalerato
<b>PLA</b>	Ácido Poliláctico
<b>PP</b>	Polipropileno
<b>PS</b>	Poliestireno
<b>PVA</b>	Alcohol polivinílico
<b>PVC</b>	Policloruro de Vinilo
<b>S</b>	Coefficiente de Solubilidad
<b>SEMARNAT</b>	Secretaría de Marina y Recursos Naturales
<b>Tg</b>	Temperatura de transición vítrea
<b>UANL</b>	Universidad Autónoma de Nuevo León
<b>USDA</b>	Departamento de Agricultura de Estados Unidos
<b>WVPC</b>	Permeación
<b>WVTR</b>	Transmisión al vapor de agua