



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE YUCATAN

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA



“ESTUDIO DE LA FOTODEGRADACIÓN DEL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD CON Y SIN CARBONATO DE CALCIO”

TESIS

PRESENTADA POR

LOURDES VÁRGUEZ GARCÍA

EN OPCION AL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO INDUSTRIAL



CENTRO DE INVESTIGACION
CIENTIFICA DE YUCATAN, A. C.



DIC.

1997



MERIDA, YUCATAN, MEXICO

1997

Vázquez
POLIMEROS

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABLAS	iv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
ASPECTOS TEÓRICOS.	3
1.1 DEGRADACIÓN.	3
1.1.1 FOTODEGRADACIÓN.	3
1.2 MECANISMOS DE DEGRADACIÓN.	5
1.2.1 GENERALIDADES.	5
1.2.2 FOTODEGRADACIÓN DE POLIOLEFINAS.	6
1.2.2.1 Foto-oxidación de polietileno.	13
1.3 TIPOS DE ENVEJECIMIENTO.	16
1.3.1 ENVEJECIMIENTO ACELERADO.	16
1.3.1.1 Equipos de envejecimiento acelerado.	17
1.3.2 ENVEJECIMIENTO NATURAL.	20
1.4 TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN DE POLÍMEROS.	22
1.4.1 ANÁLISIS DE ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CONTRASFORMADA DE FOURIER (FTIR).	22
1.4.2 ANÁLISIS TÉRMICO.	24
1.4.2.1 Calorimetría diferencial de barrido.	25
1.4.3 DETERMINACIÓN DEL PESO MOLECULAR.	26
1.4.3.1 Determinación del peso molecular por viscosimetría.	28
OBJETIVOS.	32

CAPITULO II.

PARTE EXPERIMENTAL.	33
2.1 MATERIALES.	33
2.1.1 POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE).	33
2.1.2 CARBONATO DE CALCIO.	33
2.2 OBTENCIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO.	34
2.3 ELABORACIÓN DE PROBETAS.	34
2.4 ESTUDIO DE ENVEJECIMIENTO.	35
2.4.1 ENVEJECIMIENTO ACELERADO.	35
2.4.2 ENVEJECIMIENTO NATURAL.	36
2.5 CARACTERIZACIÓN POR TÉCNICAS ANALÍTICAS.	37
2.5.1 ANÁLISIS POR ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR).	37
2.5.2 CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO.	37
2.5.3 DETERMINACIÓN DEL PESO MOLECULAR POR VISCOSIMETRÍA.	38
2.5.4 DETERMINACIÓN DE LA FRACCIÓN GEL.	39

CAPITULO III.

RESULTADOS Y DISCUSIONES.

3.1 POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.	40
3.1.1 INTEMPERISMO ACELERADO.	40
3.1.2 INTEMPERISMO NATURAL.	50
3.2 POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD CON CARBONATO DE CALCIO.	59
3.2.1 INTEMPERISMO ACELERADO.	59
3.2.2 INTEMPERISMO NATURAL.	64

Figura 3.16. Comportamiento del peso molecular del HDPE expuesto a intemperismo natural.	56
Figura 3.17. Altura de la banda de carbonilos para el HDPE con carga expuesto a intemperismo acelerado.	59
Figura 3.18. Índice de hidroperóxidos para el HDPE con carga expuesto a intemperismo acelerado.	60
Figura 3.19 Porcentaje de cristalinidad y temperatura de fusión para el HDPE con carga expuesto a intemperismo acelerado.	61
Figura 3.20. Comportamiento del peso molecular del HDPE con carga expuesto a intemperismo acelerado.	62
Figura 3.21. Porcentaje de la fracción insoluble para el HDPE con carga expuesto a intemperismo acelerado.	63
Figura 3.22. Altura de la banda de carbonilos para el HDPE con carga localizado en Progreso.	65
Figura 3.23. Altura de la banda de carbonilos para el HDPE con carga localizado en CINVESTAV.	66
Figura 3.24. Comportamiento del índice de hidroperóxidos para el HDPE con carga expuesto a intemperismo natural.	67
Figura 3.25. Porcentaje de cristalinidad y temperatura de fusión para el HDPE con carga localizado en CINVESTAV.	68
Figura 3.26. Porcentaje de cristalinidad y temperatura de fusión para el HDPE con carga localizado en Progreso.	68
Figura 3.27. Comportamiento del peso molecular del HDPE con carga expuesto a intemperismo natural.	69
Figura C.1. Gráfica para determinar el valor de $[\eta]$ para el HDPE sin irradiar.	84

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Reacciones de degradación.	5
Tabla 1.2 Longitudes de onda en la región UV.	21
Tabla C.1 Datos obtenidos experimentalmente para el cálculo del peso molecular de una muestra de HDPE sin irradiar.	83

INTRODUCCIÓN.

El proceso de degradación en un polímero es el resultado de reacciones químicas irreversibles o bien de cambios físicos que dan como consecuencia la falla del material. La rapidez con la que se deterioran los materiales poliméricos es muy variable y depende en gran medida del tipo de material de que se trate y del medio ambiente en el que están expuestos. Hoy en día se conocen ya algunos mecanismos por medio de los cuales se degradan los materiales poliméricos más comunes y ello es de gran importancia ya que permite el desarrollo de aditivos que aumentan el tiempo de vida útil de los materiales.

El deterioro que experimentan los materiales plásticos al ser sometidos a la radiación ultravioleta, es una de las más grandes limitaciones que presentan para ser utilizados en exteriores, en donde están expuestos al medio ambiente. Aunque la radiación solar que incide sobre la tierra posee un bajo porcentaje de radiación ultravioleta (6%), ésta causa daños importantes a los materiales poliméricos como son la decoloración, pérdida en sus propiedades mecánicas, ópticas, etc.

Una manera de estudiar como cambian estas propiedades, en función del tiempo de permanencia a la intemperie, es exponiendo al material a las condiciones naturales de trabajo (envejecimiento natural) o bien, en equipos diseñados para acelerar su envejecimiento (cámaras de envejecimiento acelerado) y evaluar el cambio en las propiedades fisicoquímicas, utilizando técnicas analíticas como espectrofotometría de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR), calorimetría diferencial de barrido (DSC), microscopía electrónica de barrido (SEM), cromatografía de permeación en gel (GPC), etc.

En este trabajo se sometió un material polimérico compuesto, conformado por una resina termoplástica (polietileno de alta densidad) y carbonato de calcio como relleno, a intemperismo natural en dos estaciones con diferentes condiciones climatológicas y en una cámara de intemperismo acelerado con el objeto de tener una idea del mecanismo de degradación que se presenta en dicho material compuesto.