

ESTUDIO DE LA COMPATIBILIDAD DE MEZCLAS DE MATERIAL POST-CONSUMO (ENVASES LÁCTEOS) Y RESINA VIRGEN DE HDPE, MEDIANTE EL USO DE AGENTES Y ADITIVOS COMPATIBILIZANTES

E. Ramírez-Vargas¹, Z. Sandoval-Arellano², J. S. Hernández-Valdez¹, J. G. Martínez-Colunga¹

¹ Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo Coahuila, México

² ITS, Saltillo Coahuila, México

Introducción. La gran cantidad de materiales plásticos en todas las áreas de consumo, además de sus periodos cortos de utilización, han motivado a considerar el problema de los residuos sólidos y la contaminación ambiental que originan. En los últimos años se ha considerado la necesidad de la recolección y re-utilización de los desechos sólidos, en particular de los desechos plásticos, un caso de singular importancia es el de las botellas de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) para el envasado de productos lácteos y de jugos, que representan el 35 % de todos los desechos.[1]. Los ecologistas han recomendado tres propuestas para descontaminar el medio ambiente, para este tipo de plásticos que son: Incineración, Pirólisis y Reciclaje. El reciclaje puede ser la mejor opción ya que las otras dos opciones provocan diversos gases contaminantes, mientras que el reciclaje permite el aprovechamiento de materiales y por lo tanto la disminución de costos.

En la literatura esta bien estudiado que las propiedades físico-mecánicas son inferiores comparadas con las de resina virgen[2, 3]. Este efecto dependerá del tipo de Polietileno, del número de ciclos y las condiciones existentes al momento de reprocesarlas. Varios investigadores han estudiado el mecanismo de la degradación del polímero durante su procesamiento y el efecto de la degradación en su desempeño.[4, 5]. En el caso del reciclado de envases para productos lácteos o de jugo el problema se agrava ya que los desechos orgánicos que permanecen en la basura producen por descomposición natural reacciones secundarias. De acuerdo a estudios realizados se han logrado utilizar técnicas de macroselección y microselección para separar dichos envases, triturarlos y molerlos [6], así como neutralizar las reacciones con sosa cáustica [7].

La re-estabilización de las mezclas de poliolefinas post-consumo y virgen con aditivos compatibilizantes, antioxidantes pueden mejorar considerablemente las características de las mezclas durante su uso y reciclado, incluso a varias temperaturas de reproceso [8, 9, 10, 11]. El uso de aditivos estabiliza la mezcla y se considera que se puede lograr la permanencia de las propiedades mecánicas y en algunos caso incrementarlas ligeramente [12 a 15]. En estudios más recientes sobre mezclas de reciclado post-consumo y virgen, aditivadas con absorbentes de radiación ultravioleta se han reportado buenos resultados en propiedades mecánicas como en resistencia al impacto y porcentaje de elongación, mientras que en mezclas sin aditivos se reportan disminución en propiedades como la resistencia al impacto [12].

En el presente trabajo se llevó a cabo un estudio sobre materiales de desecho (envases lácteos), reciclado molido y reciclado peletizado, con el objeto de encontrar aditivos antioxidantes y compatibilizantes adecuados que permitan la obtención de mezclas con altos contenidos de reciclado sin afectar las propiedades físico-mecánicas y de desempeño,

lo que repercutiría en un mejor aprovechamiento de desechos plásticos y por lo tanto en la reducción de costos, contribuyendo también en la solución de problemas de índole ecológica. Así también, se contempla la utilización de aditivos estabilizadores de radiación ultravioleta para garantizar una mayor vida media de las mezclas propuestas.

Experimental. Los materiales utilizados en este trabajo fueron Resina Virgen de HDPE Fortiflex H053 y Materiales Reciclados Molidos y Reciclados Peletizados provenientes de productos de desecho (envases lácteos), además se utilizaron aditivos compatibilizantes y antioxidantes. Las mezclas fueron preparadas en un extrusor-mezclador con diferentes proporciones de resina virgen/materiales reciclados (de 50 a 20 % de resina virgen) y aditivos (antioxidantes de 0.1 a 0.2 %, compatibilizantes de 2 a 4 %). Posteriormente se elaboraron envases por extrusión-soplado, de donde se obtuvieron probetas de ensayo para su evaluación. Se establecieron condiciones del proceso adecuadas para lograr una mejor homogeneidad en las mezclas formuladas. La caracterización fisicoquímica y morfológica de los materiales y mezclas obtenidas se realizó mediante las técnicas FTIR, DSC, GPC, MOP, WAXD y SEM. La evaluación fisico-mecánica y reológica se realizó mediante las técnicas de Reometría Capilar, Índice de Fluidiez (MFI), Resistencia la Tensión, Porcentaje de Elongación, Módulo de Elasticidad y Resistencia al Impacto Izod.

Resultados. El análisis de los polímeros virgen y reciclados indicó la presencia de material insoluble (geles) y material contaminante en diferentes proporciones, siendo significativamente mayor en el reciclado molido, Figura 1. Este problema pudo ser reducido mediante el uso de mayas en el extrusor. Los resultados de cromatografía mostraron una disminución en los pesos moleculares, especialmente el reciclado peletizado. Todas las mezclas presentaron valores relativamente menores dependiendo de las proporciones en la mezcla. Fue estudiado también el grado de cristalinidad de los materiales, encontrándose patrones de difracción (Rayos-X) similares para las resinas, materiales reciclados y productos elaborados a base mezclas. El grado de cristalinidad observado fue ligeramente mayor para los materiales reciclados, debido seguramente a la menor facilidad de cristalización de especies de mayor peso molecular presentes en la resina virgen, Figura 2. Por otro lado, en la Figura 3, se muestran las curvas de viscosidad contra velocidad de corte de la resina virgen y materiales reciclados, en donde se aprecia, en general, una menor viscosidad para los reciclados. En la Figura 4, se presentan igualmente las curvas de viscosidad para las mezclas resina virgen/reciclado con aditivos y agentes compatibilizantes, en donde se puede observar un comportamiento de flujo similar. Las viscosidades en los diferentes compuestos descienden conforme aumenta la velocidad de corte y no muestran una disminución drástica aún a altos contenidos de material reciclado como 70%. Así también, en la Figuras 5, se presentan los resultados de la evaluación fisico-mecánica de la resina virgen y de las mezclas con y sin aditivos compatibilizantes correspondientes a la resistencia a la tensión, porcentaje de elongación y módulo de Young. Observándose valores similares entre la resina virgen y las mezclas con menores contenidos de material reciclado (menor al 50%), mientras que las mezclas aditivadas presentaron valores ligeramente mayores a las mezclas sin aditivos, esto es relevante considerando que dichas mezclas contienen mayor porcentaje de material reciclado (mayor al 70%). Otra propiedad importante es la resistencia al impacto de estos

materiales. Esta evaluación, se llevará a cabo para todas las mezclas estudiadas. Finalmente, los estudios de microscopía electrónica de barrido, Figura 6, muestran una morfología homogénea en las mezclas y un patrón de flujo de fases continuo.



a) Resina Virgen



b) Reciclado Molido



c) Reciclado Peletizado

Fig.1 Micrografías MOP 100x

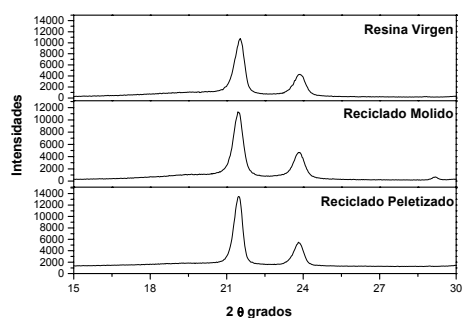


Fig.2 Cristalinidad por Difracción de Rayos X.

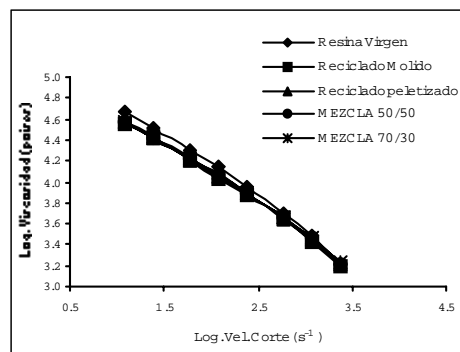


Fig. 3 Curvas de Flujo, Velocidad de Corte vs Viscosidad

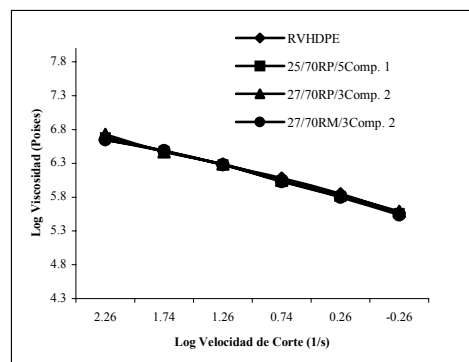


Fig. 4 Curvas de Flujo, Velocidad de Corte vs Viscosidad

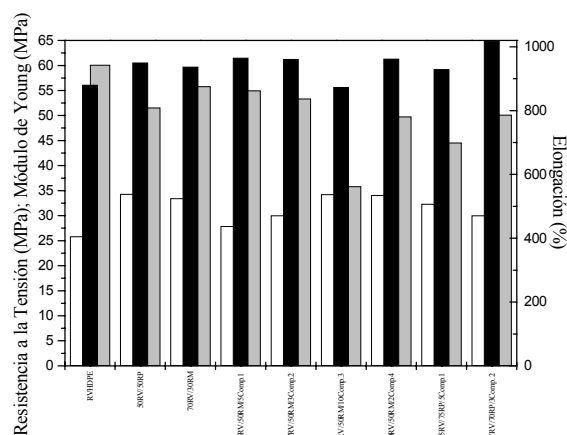
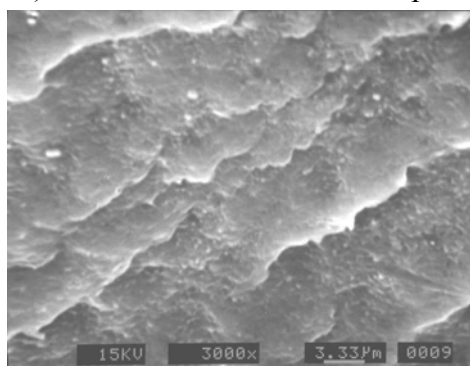


Fig. 5 Propiedades Mecánicas Blanco; Resis.Tensión Gris;Mód.Young y Negro; Elongación.

a) Mezcla 27Rv/70Rm/3Comp.2



b) Mezcla 25Rv/70Rp/5Comp.1

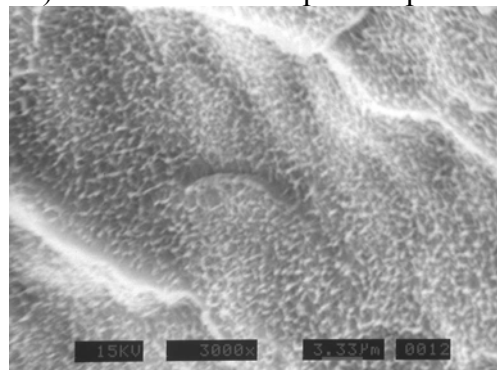


Fig. 6 Micrografías SEM a 3000x, muestras fracturadas en nitrógeno líquido.

Conclusiones. Con base a los resultados obtenidos en este estudio, podemos decir que se ha logrado establecer condiciones de proceso y Mezclas a base de Material Reciclado, Resina Virgen y Aditivos (compatibilizantes y antioxidantes) con altos contenidos de material de desecho de un 70 % en Molido y un 70 % en Peletizado y manteniendo propiedades mecánicas aceptables para el buen desempeño de los materiales. Los altos porcentajes de uso de materiales de desecho permite hacer costeable el uso de aditivos compatibilizantes en las nuevas formulaciones, además de contribuir en la solución de problemas de índole ecológica.

Referencias.

1. Resins '87, Modern Plastic, Jan. 1987, 41-64
2. A. Ram, M. Narkis, and J. Kost, Polym. Eng. Sci., **17**(4), 274 (1977).
3. R. E. Robertson and D. R. Paul, J. Appl. Polym. Sci., **17**, 2579 (1973)
4. F. Mitterhofer, Polym. Eng. Sci., **26**92 (1980).
5. G. R. Rideal and J. C. Padget, J Polym, Sci. Polym. Symp., **57**, 1 (1976)
6. Manual McGraw-Hill de Reciclaje, pp. 14.16-14.25
7. S.A. Cruz, M. Zanin, Polym.Degrad. Stab., 2003, 80, 31-37
8. Carlsson, D.; Garton, A; Wiles, D, The Photo-Stabilization of polyolefins, In Developments in Polymer Stabilization-1; Scott, G., Ed. Applied Science Publishers: London, 1979, P. 219 Chap.7.
9. Gugumus, F. Developments in the U V.-Stabilization of Polymers. In Developments in Polymers -Stabilization-1; Scott, G., Ed. Applied Science Publishers: London, 1979. P. 261, Chap. 8.
10. Pfaendner, R.; Herbst, H; Hoffmann, K. Macromol Symp 1998, 135, 97.
11. K. Kukaleva, G.P. Simon, E. Kosior, Polym Eng. Sci., 2003, 43, 1, 26-38
12. J. Pospisil, F. Sitek, R. Pfaendner, Polym.Degrad. Stab. 1995,48,351.
13. J. Pospisil, S. Nespurek,, R. Pfaendner, H. Zweifel, Trends, Polym.Sci, 1997,5294.
14. G. Scott, "The Role of Stabilizing Additives in Polymer Recycling" in: Davos Recycle'93 International Forum and Exposition, Congress Proceedings, Davos, Zwitterland, March 22-26, 1993
15. K.F. Drain, W.R. Murphy, M.S. Otterburn, Cnserv. Recycl. 1981, 4, 201.