

Desarrollo de formulaciones de películas para silos bolsa en ambientes tropicales

H. F. Castellon Petrovich¹

¹Ingeniero de Materiales-Opcion Polimeros, Universidad Simon Bolivar (1983), Caracas, Venezuela. DEA en Agroplasticultura, Universidad de Almeria (2006), Espana. Presidente Fundacion COVEPLA. Ejecutivo de Servicio Tecnico de CORAMER, C. A.; Caracas, Venezuela.
E-mail: hello.castellon@gmail.com

Resumen

Venezuela es un país de clima tropical, con dos estaciones bien marcadas: la seca y la lluviosa. En la estación lluviosa (invierno tropical), se produce abundancia de materia vegetal, no aprovechada completamente por el ganado vacuno. En la estación seca (verano tropical), los pastizales se secan y los animales sufren hambre y desnutrición, con muy baja producción de carne y leche.

En el año 1983, comenzaron las campañas para enseñar a los productores pecuarios técnicas con materiales plásticos, para la conservación del forraje durante la estación lluviosa, para que dispongan de pasto verde fresco en la temporada seca. Se desarrollaron mantas unicolores con PEBD para los silos trinchera y silos bunker. Luego se les enseñó la tecnología del ensilaje al vacío, con mantas de PEBD, blanco/negro, termoselladas, almacenamiento de 30 t de pasto verde fresco, por doce meses. A partir del año 2005 se establece en Venezuela la tecnología argentina para la conservación de forraje en grandes silos bolsa (hasta 60 t), introduciendo el material vegetal, cortado y repicado, a presión, como un gigantesco embutido, en una bolsa de PE multicapa, blanco/negro, garantizada por 18 meses.

Como la tecnología argentina resultó adaptable a nuestras condiciones tropicales y aceptada por los ganaderos, a partir del año 2008, FEDEAGRO (Federación de Agricultores de Venezuela) promovió esta técnica para disminuir la importación de carne y leche. En 2014 busco el apoyo del fabricante nacional de PE, POLINTER, para el desarrollo de formulaciones para películas de silos bolsa, con materiales nacionales, dada la imposibilidad de importar bolsas, por la escasez de divisas.

En 2015 se desarrolló una formulación, compuesta mayoritariamente de materiales nacionales, que iguala las propiedades mecánicas de las bolsas importadas y que servirá para conservar hasta 500 mil toneladas de forraje para el rebaño nacional durante 2015-2016.

Palabras clave: silos bolsa, forraje, conservación, PEBD, pasto verde fresco.

Introducción

En los países ubicados en la parte tropical de Ibero América, como Venezuela, se presentan dos estaciones bien marcadas: la estación lluviosa, llamada también "invierno tropical", que dura unos siete meses, aproximadamente, entre mayo y diciembre, con una breve interrupción entre julio y agosto y la estación seca, llamada también el "verano tropical", que abarca desde mediados de diciembre hasta la mitad de mayo (Castellon, 2009).

En condiciones climáticas estacionales, que en Venezuela constituyen alrededor de 75%, la producción y productividad de leche y carne bovina son altamente afectadas, principalmente en las áreas geográficas que tienen un clima estacional muy seco, seco y subhúmedo; ya sea por problemas de escasez de pastos en la época seca y/o problemas de acceso y aceptabilidad del pasto por el animal en épocas de inundación (Gonzalez, 1994).

La conservación de forrajes representa un medio de almacenar cultivos y forrajes con fines de alimentación animal, ya sea para ser usados como materia prima y/o alimentos balanceados y/o directamente como forraje en sistemas de alimentación semi o estabulados completos, para todo el año o en forma estacional para solucionar problemas de déficit forrajero en periodos críticos (Gonzalez, 1994).

La caída en la producción de los lácteos y sus derivados, así como de la carne vacuna, trae efectos negativos, tanto en: los consumidores finales, la agroindustria y los ganaderos. Los consumidores finales sufren la escasez de los productos y el aumento en los precios. La agroindustria disminuye sus niveles de producción en: las pasteurizadoras, las pulverizadoras y en las queseras. Finalmente, los ganaderos obtienen menores ganancias por la venta de carne y leche, por la reducción de los periodos de lactancia, incremento de vacas secas, retardo en el crecimiento de las novillas y becerros e inclusive, por la muerte de los animales (Castellón, 2009).

La Federación de Agricultores de Venezuela citó en su Programa de Conservación de Forraje (FEDEAGRO, 2015): “Más carne y más leche son consecuencia de: un 10% por razones genéticas, un 30-40% por las prácticas y manejo gerencial de los rebaños y de un 50-60% por la nutrición y tipo de dieta que se le brinda a los animales”.

Desde comienzos del siglo XX se conocen en Venezuela las técnicas de ensilaje o conservación de pasto verde fresco en silos trinchera y en silos bunker (Guzmán Pérez, 1988). Estas labores se realizaban con un gran despliegue de recursos en maquinarias, trabajadores y materia vegetal, con grandes pérdidas, por no proteger adecuadamente los pastos de las lluvias y no mantenerlos en ambientes oscuros y con poco aire, para fomentar la fermentación ácido láctica, ya que sólo se utilizaba paja o pasto seco como protección y muy poca compactación. Las pérdidas llegaban a valores tan altos como el 30% y hasta el 35% de la materia vegetal (Castellón, 2009). También se practicaba la henificación, en menor grado.

A comienzos de la década de los años 80 del siglo XX, llegaron a Venezuela nuevas tecnologías para la conservación de pastos: la primera, proveniente de Canadá y Estados Unidos, conocida como silo press o silo bag. Estos sistemas se fundamentaban en la utilización de bolsas de grandes dimensiones, hechas con película de polietileno de baja densidad (PEBD), multicapa, blanco-negro, desde 150 hasta 200 micrones de espesor, entre 5” y 6” de diámetro y de 30 a 60 m de longitud. Las primeras bolsas llegaron importadas, multicapa, blanco-negro y luego se fabricaron en el país, pero sólo de tipo monocapa, blanco. Así se popularizó esta técnica de conservación entre muchos ganaderos, por espacio de más de 10 años (Castellón, 2009).

Paralelamente se introdujo la utilización de mantas plásticas, mono capa, color negro, de PEBD, para proteger los silos trinchera y los silos bunker de la humedad, producto de las precipitaciones en la temporada lluviosa. Esto se acompañó con una mejora en la práctica de la compactación, utilizando varios pases de los tractores sobre la masa de materia vegetal acumulada en las trincheras (en fosas) o entre paredes (bunker) para desalojar el aire contenido.

A finales del siglo XX y comienzos del siglo XXI se moderniza el parque de maquinarias del sector transformador de los plásticos en Venezuela. Llegan las nuevas máquinas coextrusoras, con cabezales que permiten fabricar películas hasta de 6 m ancho o más, multicapas ABC, específicamente para uso en la agricultura, para desarrollar aplicaciones como: techos para invernaderos, mantos cubre suelos, geomembranas para lagunas y silos bolsa para conservación de forrajes. Entonces aparecen varias empresas venezolanas que desarrollan estas aplicaciones en el marco del Proyecto Plasticultura patrocinado por la PETROQUÍMICA DE VENEZUELA

(PEQUIVEN), y sus filiales POLIOLEFINAS INTERNACIONALES (POLINTER) en polietilenos y CORAMER, como soporte técnico-comercial.

A partir del año 2005 se estableció en Venezuela la tecnología argentina para la conservación de forrajes en grandes silos bolsa (hasta 60 t de capacidad), donde se introduce el material vegetal, cortado y repicado, a presión, como un gigantesco embutido, en una bolsa de polietileno (PE), multicapa, blanco/negro, garantizada por 18 meses a la intemperie, que ha demostrado un excelente desempeño en las condiciones agroclimáticas de Venezuela.

Como la tecnología argentina resultó perfectamente adaptable a nuestras condiciones tropicales y fue aceptada por los ganaderos, a partir del año 2008, FEDEAGRO (Federación de Agricultores de Venezuela) promovió esta técnica para aumentar la producción nacional de carne y leche, porque el abastecimiento de estos rubros depende de las importaciones en un alto porcentaje, ya que el rebaño bovino actual, de 14 MM cabezas, es apenas la mitad de lo que requiere la población venezolana (LUZ AdN, 2012).

A finales del año 2014, FEDEAGRO buscó el apoyo del fabricante nacional de polietilenos, POLINTER, a través de la empresa CORAMER, como su representante comercial y de apoyo técnico pos venta, para desarrollar una formulación para películas de silos bolsa, con materiales nacionales, dada la imposibilidad de importar bolsas argentinas por la escasez de divisas, motivada a la abrupta caída de los precios del petróleo, la principal fuente de ingresos de Venezuela.

En 2015 se desarrolló una formulación, compuesta mayoritariamente de materiales nacionales, con el apoyo de las empresas: 1. INDESCA, investigación y desarrollo de los materiales plásticos en Venezuela; 2. CLARIANT VENEZUELA, proveedora de los pigmentos negro y blanco, en forma de concentrados de color y del aditivo anti-UV, que permite garantizar la vida útil de la película hasta por 18 meses; 3. INDEPLAS, fabricante nacional de las silo bolsas, con la supervisión técnica de CORAMER. Esta formulación, desarrollada con una mayoría de materiales plásticos nacionales, iguala y mejora las propiedades mecánicas de la formulación utilizada como referencia.

Para la conservación de forrajes se requiere películas con muy buenas propiedades mecánicas: resistencias a la tracción, resistencia al punzonamiento (penetración), resistencia al rasgado (desgarre) y elongación (estiramiento). Hay que considerar que el contenido de las bolsas es un material completamente irregular con: tallos, mazorcas, macollas y hojas. En el momento del llenado con forraje tronzado, la bolsa se somete a gran estiramiento y se pone en evidencia su resistencia al rasgado y al punzonamiento. La película estará sometida a la acción de la radiación UV y condiciones medio ambientales severas ($T_{promedio} > 28^{\circ}\text{C}$), por espacio de 18 meses mínimo, para contener 30 t de forrajes o más, valioso alimento para el ganado (FEDEAGRO, 2015).

Materiales y métodos

En primer lugar, en INDESCA se realizó una caracterización de tres muestras de películas para silos bolsas: una importada, fabricada en Argentina y dos nacionales, fabricadas por INDEPLAS, para evaluar diferencias en las propiedades mecánicas de ambos tipos y entender su comportamiento con base al conocimiento de sus estructuras. En INDESCA se les realizaron medidas dimensionales (perfil de espesores) y ensayos de: resistencia a la penetración, resistencia al desgarre y resistencia a la tensión. Adicionalmente a la muestra de película importada se le realizó una caracterización por calorimetría diferencial de barrido (DSC), contenido de TiO_2 (por calcinación) y propiedades ópticas (transmisión luminosa).

En segundo lugar, con base a las recomendaciones de INDESCA, considerando los resultados de la primera evaluación y de la caracterización de la muestra importada, INDEPLAS fabricó muestras de película para silos, con materiales nacionales y PE-m (polietileno metaloceno).

En tercer lugar, en INDESCA se realizó una segunda evaluación de las muestras fabricadas por INDEPLAS y se las comparó contra las propiedades de la muestra de película importada. Se realizaron medidas dimensionales (perfil de espesores) a las películas, así como ensayos de: resistencia a la penetración, resistencia al desgarre y resistencia a la tensión.

Como materiales nacionales se utilizaron las resinas de polietileno, propósito general, marca Venelene de la empresa POLINTER, grados FB3003 (PEBD) y 11PG1 (PELBD-b). Como aditivo mejorador de las propiedades mecánicas de los otros polietilenos se utilizó un PE-m, cuyas características se presentan en la siguiente tabla, junto con los polietilenos nacionales:

Tabla 1. Materiales utilizados para la formulacion de silo bolsa nacional.

Material	Índice de Fluidez, en g/10 min (a 190°C / 2.16 kg) ASTM D 1238	Densidad, en g/cm ³ ASTM D 792	Aditivos
Venelene FB3003	0.27	0.9220	ninguno
Venelene 11PG1	1.10	0.9200	AP
PE-metaloceno copolímero etileno-hexeno	1,0	0,920 (Ensayo propio)	AP, ET

AD= Agente Deslizante, AB= Anti Block, AP= Ayudante de proceso, ET= Estabilizante térmico

Otros materiales utilizados fueron el estabilizante a la Luz UV (LUV) de CLARIANT, el HOSTAVIN N30 y los pigmentos blanco (TiO₂) y negro de humo (Negro de carbón), en forma de concentrados de aditivos.

Para la determinación de:

- Perfil de espesores de las películas plásticas, el equipo utilizado fue un micrómetro de peso muerto.
- Propiedades Mecánicas de Películas Sometidas a Tensión, norma ASTM D882 y los equipos utilizados fueron: una máquina de ensayos universales y un micrómetro de peso muerto.
- Fuerza de Penetración, la prueba se realizó por el Método del Péndulo y los equipos utilizados fueron: instrumento de ensayos Elmendorf y micrómetro de peso muerto.
- Fuerza de Desgarre, se usó el método Elmendorf y los equipos utilizados fueron: un instrumento medidor de desgarre y un micrómetro de peso muerto.
- Propiedades de Fusión y Cristalización en Materiales Semicristalizados, se hizo mediante DSC y los equipos utilizados fueron: un calorímetro diferencial de barrido y una balanza analítica, resolución: ± 0,00001 g.
- Contenido de óxidos inorgánicos por cenizas, se utilizaron como equipos: un horno para calcinación y un mechero tipo bunsen.
- Turbidez y Transmisión Luminosa en Películas Plásticas Transparentes, el equipo utilizado fue: un medidor de transmisión luminosa y turbidez.

Resultados y discusión

Tabla 2. Caracterización de la muestra de película importada y comparación con muestra nacional

Película	Espesor	DSC	Pigmentos	Propiedades ópticas	Propiedades Mecánicas			
					Esfuerzo de ruptura MPa	Deformación en ruptura %	Desgarre gf-μ	Penetración gf-μ
Importada	153 μ	PEBD: 100 – 110°C PELBD-σ: 122 – 127°C	TiO ₂ : 4,81 %	Transmisión luminosa: 0%	31	935	20	13
Nacional	183 μ	PEBD FB3003 PELBD-b 11PG1	TiO ₂ : 4% NH: 3%	Transmisión luminosa: 0%	30	874	15,1	13,3

TiO₂ = dióxido de titanio / NH = negro de humo

Considerando los resultados de la Tabla 2, se puede observar que la muestra importada presenta un valor muy bueno en la resistencia al desgarre. En los otros parámetros se observan valores similares o muy cercanos a los que presenta la película nacional.

Se recomendó utilizar el PE-metaloceno como un aditivo o mejorador de las propiedades mecánicas de la película, especialmente sobre la propiedad de la resistencia la desgarre.

Se probaron varios porcentajes de PE-metaloceno, pero los mejores resultados se lograron con un contenido del 30% pp. de PE-metaloceno en la formulación, como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Caracterización de la muestra de película importada

Película	Espesor	DSC	Pigmentos	Propiedades ópticas	Propiedades Mecánicas			
					Esfuerzo de ruptura MPa	Deformación en ruptura %	Desgarre gf-μ	Penetración gf-μ
Importada	153 μ	PEBD: 100 – 110°C PELBD-σ: 122 – 127°C	TiO ₂ : 4,81 % NH: -	Transmisión luminosa: 0%	31	935	20	13
Nacional + PE-m	169 μ	PEBD FB3003 PELBD-b 11PG1 PE-m	TiO ₂ : 5% NH: 3%	Transmisión luminosa: 0%	27	860	16,5	12,9

Formulación recomendada

Tabla 4. Formulación recomendada para silos bolsa

Muestra	Capa A (50%)	Capa B (50%)	Espesor, en μ
M-30%PE-m	40% 11PG1 30% FB3003 30% PE-m Aditivos 7% MB Blanco 4% MB anti-UV	40% 11PG1 30% FB3003 30% PE-m Aditivos 5% MB NH 4% MB anti-UV	170

Conclusión

Se realizó la caracterización de una muestra de película importada argentina, utilizada exitosamente en silos bolsa para la conservación de forraje en ambientes tropicales, por espacio de 18 meses a la intemperie. Se halló que se trata de un tricapa, mezcla de PEBD/PELBD-o.

Se compararon las propiedades mecánicas de la película importada, con espesor 153 μ , contra una película nacional, con espesor 183 μ , fabricada con PEBD/PELBD-b y se halló que si bien, en cuanto a los valores del esfuerzo a la ruptura y deformación a la ruptura, así como en la resistencia a la penetración, no hay diferencias importantes, en referencia a la resistencia al desgarre hay una diferencia considerable de un 25%, a favor de la película importada.

Después de evaluar varias formulaciones que contienen PE-metaloceno, se encontró que aquella que contiene 30% de PE-metaloceno es suficiente para mejorar la resistencia al desgarre, hasta un 82,5% de la película importada y con un espesor de 169 μ . Por otra parte, el valor de la resistencia a la penetración es similar al de la película importada. Con este resultado se obtuvo una película que presenta una buena resistencia a la formación de huecos, causados por macollas o partes punzantes, lo que evitará una posible propagación de la falla en los silos bolsas llenos de pasto.

Por lo tanto se recomienda esta formulación para realizar las pruebas de campo.

Literatura citada

- Castellón, H. 2009. Desarrollo de la conservación de pastos en Venezuela utilizando agroplásticos. XI Congreso del CIDAPA, Almería, España.
- FEDEAGRO. 2015. Programa de conservación de forraje. Caracas, Venezuela.
- González, B. 1994. Conservación de forrajes y consideraciones técnico-económicas. Taller Alternativas para la Alimentación del Ganado Bovino durante el Período Seco. Maracaibo, Venezuela.
- Guzmán Pérez, J. E. 1988. Ensilaje y henificación en el trópico. Espasande S. R. L. Editores, Caracas.
- INDESCA. 2015. Caracterización de bolsas para silo. Maracaibo, Venezuela.
- La Universidad del Zulia, Agencia de Noticias (AdN LUZ), 2012. Hacen falta 14 millones de cabezas de ganado en Venezuela. [On line] 16-03-2012 a las 11:33:15.