

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE BOLSAS BIODEGRADABLES PARA ALMÁCIGOS DE CAFÉ

Santiago Lleras-Díaz*; Argemiro Miguel Moreno-Berrocal**

RESUMEN

LLERAS D.,S.; MORENO B.,A.M. Desarrollo y evaluación de bolsas biodegradables para almácigos de café. Cenicafé 52(1):20-28. 2001

En condiciones de almácigo y de campo se evaluaron durante seis meses materiales biodegradables utilizados en la fabricación de bolsas para la elaboración de almácigos de café. Se utilizaron cartones reciclados con aplicaciones superficiales de urea-formaldehído al 0,6; 0,9 y 1,2% en peso; fibra de fique en tejido cafetal (urdimbre 17-trama 17, urdimbre 17-trama 19, urdimbre 17-trama 21, urdimbre 17-trama 23 y urdimbre 17-trama 25) y tela de orlón. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con seis repeticiones y bolsas de polietileno como testigo. Se midió la altura, peso fresco y seco de las plantas y la tracción (kg/mm²) de cada material. Además, se estudiaron tiempos de preparación, llenado, apilado y siembra en el campo para todos los materiales y su impacto ambiental con base en el ciclo de vida, según ISO 14040. Las estructuras en cartones reciclados y tela de orlón resistieron hasta seis meses en almácigo. La urea-formaldehído al 0,6% mantuvo la resistencia del cartón reciclado. Las densidades empleadas en las mallas del tejido cafetal no proporcionaron suficiente resistencia, por lo cual requieren agentes de adherencia específica sobre el tejido. El llenado de bolsas representó un 65-70% del tiempo total, por tanto debe buscarse optimizar esta labor.

Palabras claves: Café, cafetales, establecimiento, almácigos, sostenibilidad, siembra.

ABSTRACT

Several biodegradable materials used to make bags for coffee planting were evaluated during six months under nursery and field conditions. Recycled cardboard with shallow urea-formaldehyde at 0.6% sprayings, 0.9% and 1.2% of weight, sisal fibre in coffee fabric (warp 17 combined with wefts 17, 19, 21, 23 and 25) and Orlon fabric were utilised. A completely aleatory design with six repetitions and polyethylene bags as control was used. The height, fresh and dry plant weight, and traction (g/mm²) were measured for each material. In addition, the preparation, filling, piling, and field planting times for all the materials as well as their environmental impact based on life cycle according to ISO 14040 were analysed. The recycled cardboard structures and the Orlon fabrics were able to support the six-month period. The urea-formaldehyde at 0.6% maintained the recycled cardboard's endurance. The weavings used in the sisal fabric did not provide enough resistance; therefore, they required specific adherence agents. The bags filling represented 65% to 70% of the total time. Hence, this drudgery must be optimised.

Keywords: coffee, coffee plantations, establishment, nurseries, sustainability, sowing.

* Diseñador Industrial. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

** Investigador Científico I. Fitotecnia. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia dentro de sus políticas, considera importante recuperar, proteger y cuidar el medio ambiente como base para la calidad de vida de los caficultores. En consecuencia, ha orientado esfuerzos a desarrollar programas de gestión ambiental que se manifiestan en su proceso de gestión integral hacia la calidad total.

La búsqueda de soluciones que permitan adecuar la gestión medioambiental con la calidad en la empresa, tiene repercusiones importantes porque con ellas se garantizaría tanto su competitividad en el mercado como la protección efectiva del medio ambiente (3). En consecuencia, lo ideal sería disponer de un material biodegradable que resistiera el tiempo de almácigo, sin que fuera necesario retirarlo al momento de la siembra en el campo.

Con base en lo anterior y a falta de iniciativas y resultados de investigación en este tema, se trabajó en el diseño y evaluación de estructuras biodegradables para almácigos de café, basados en fibras naturales y sintéticas, con el propósito de buscar soluciones al problema de contaminación por residuos sólidos en campo. También, se evaluaron las posibles ventajas del uso de estas estructuras estudiando los tiempos y movimientos en el proceso de construc-

ción de almácigos, desde el llenado de las "bolsas" hasta la siembra de las plantas en el campo.

MATERIALES Y METODOS

En la Estación Central Naranjal del Centro Nacional de Investigaciones de Café, entre marzo y octubre de 1999, se realizó un experimento en el que se estudiaron tres materiales biodegradables para estructuras de almácigo: costales de fique, orlón y cartones reciclados.

Diseño de tratamientos. Empaques del Cauca, empresa de Popayán (Cauca), fabricó 5 tipos de costales de fique de 17x25 cm, según la densidad de hilo del tejido cafetal (urdimbres 17 trama 17, urdimbres 17 trama 19, urdimbres 17 trama 21, urdimbres 17 trama 23, urdimbres 17 trama 25). De igual manera, se fabricaron estructuras para almácigo a partir de tela de orlón y de cartones reciclados de pulpa de pino, con aplicaciones superficiales de urea-formaldehído (UF) al 0,6%, 0,9% y 1,2% en peso. De esta manera, los cinco tipos de costales de fique, la tela de orlón, los cartones reciclados y las bolsas de polietileno constituyeron los 10 tratamientos que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Número, código y descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Código	Descripción
1	CTT1	Cartón reciclado con aplicación de urea-formaldehído al 0,6%
2	CTT2	Cartón reciclado con aplicación de urea-formaldehído al 0,9%
3	CTT3	Cartón reciclado con aplicación de urea-formaldehído al 1,2%
4	FTT1	Costal de fique tejido cafetal urdimbres 17 y trama 17
5	FTT2	Costal de fique tejido cafetal urdimbres 17 y trama 19
6	FTT3	Costal de fique tejido cafetal urdimbres 17 y trama 21
7	FTT4	Costal de fique tejido cafetal urdimbres 17 y trama 23
8	FTT5	Costal de fique tejido cafetal urdimbres 17 y trama 25
9	OTT1	Tela de orlón
10	PTT1	Bolsas de polietileno de uso actual

Diseño experimental. Se empleó un diseño experimental completamente al azar con seis repeticiones. Un almácigo (estructura con una planta sembrada) representó la unidad experimental. Por tratamiento se manejaron 36 unidades experimentales. Las estructuras se sometieron a pruebas de resistencia mecánica; para esto se tomaron aleatoriamente cada mes seis unidades experimentales por tratamiento, las cuales se reponían con otras nuevas que tenían los mismos materiales por evaluar, con el fin de mantener completo el número de almácigos.

Variables medidas. El estado de degradación de los materiales se estimó midiendo en las estructuras la resistencia a esfuerzos mecánicos de rotura por tracción, expresados en kg/mm^2 . Para evaluar el posible efecto de los tratamientos en las plantas se midió la materia fresca y seca, y la altura de la planta en cada unidad experimental. De forma simultánea, al establecer el almácigo se sembraron en campo 6 repeticiones por tratamiento para observar su comportamiento en esas condiciones, realizando mensualmente las pruebas de resistencia mecánica a esfuerzos de tracción y medir la acumulación de biomasa fresca y seca de las plantas de café. En cada tratamiento se midie-

ron los tiempos de preparación, llenado, apilado y siembra en el campo. Finalmente, se hizo la evaluación ambiental para cada una de las alternativas, con base en su ciclo de vida, usando la metodología contemplada en las normas ISO 14040, que contiene los siguientes puntos: principios y procedimientos generales, inventario general, inventario específico de operaciones de fabricación, evaluación de impactos y evaluación del mejoramiento del ciclo de vida del producto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los materiales desarrollados con procesos de tecnologías húmedas (cartones y tela de orlón), resistieron las condiciones de humedad imperantes en los almácigos, no obstante haber perdido cerca del 90% de su resistencia. A diferencia de los procesos en seco (costales de fique), que sólo resistieron tres meses (Figura 1). Esta pérdida de la resistencia está bien definida en la curva por medio del punto de comportamiento crítico¹ de los materiales a elevada humedad, donde se puede observar que en el primer mes los cartones perdieron el 88,5% de su resistencia, la tela de orlón el 87,34% y los costales de fique el 98,45%.

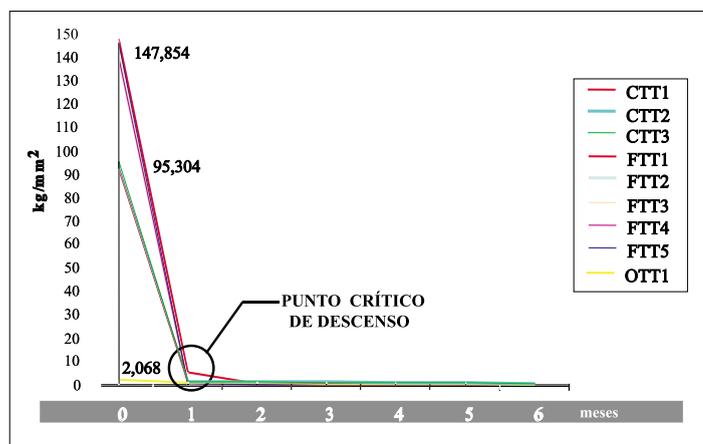


Figura 1.

Resistencia de estructuras biodegradables a esfuerzos de tracción durante la etapa de almácigo (promedio en kg/mm^2).

¹ PUNTO DE DESCENSO CRÍTICO, se define como el momento en que un material, por agentes externos, cambia su comportamiento de manera drástica en alguna propiedad evaluada.

En las fibras naturales estudiadas, la pérdida de resistencia estuvo directamente relacionada con las propiedades de adherencia mecánica y específica que éstas tienen. En las primeras depende de la capacidad de unión que poseen las fibras entre sí, mientras que en las segundas, tiene relación directa con las propiedades de adherencia que puedan aportarse a las fibras, independiente de la unión que exista entre ellas. Estas últimas son las que mayor importancia tienen para este tipo de proyectos porque de ellas depende la resistencia a la humedad del material. En los cartones reciclados las propiedades de adherencia específica son provistas por el contenido de la urea formaldehído aplicado (entre 0,3 y 1,2% en peso) y por la lignina presente en la fibra (menor del 2%).

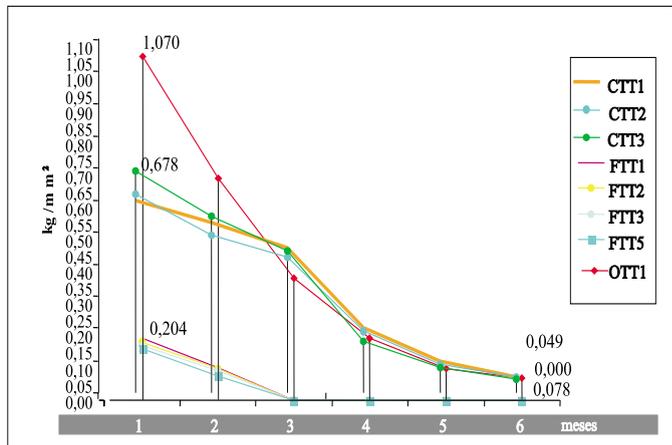
Esta propiedad en la tela de orlón se mide por el porcentaje de polímero sintético que contiene la malla fibrilar, que en este caso, se acercaba al 35%. En las mallas fibrilares los polímeros sintéticos están orientados de modo que conforman “mallas amorfas” o de estructuración, mientras que en las fibras naturales conforman las “mallas internas”, comportándose las primeras como agentes de adherencia específica de las fibras naturales.

Por ello, la resistencia de las fibras naturales puede aumentarse considerando las posi-

bles transformaciones en su adherencia específica, con materiales que den resistencia en condiciones de humedad; de esta manera se espera que el punto de descenso crítico aumente. Los cartones reciclados tratados con UF al 0,6%, 0,9% y 1,2% no presentaron diferencias estadísticas en ninguno de los meses evaluados; por tanto, se recomienda la aplicación de UF al 0,6% a los cartones. De otra parte, la densidad del hilo del “tejido cafetal” en los rangos urdimbre 17-trama 17 a urdimbre 17-trama 25, tampoco presentaron diferencias estadísticas. Así, se recomienda trabajar con densidades de hilo superiores a urdimbre 17-trama 25, con el fin de determinar la mínima densidad que permita al costal resistir las condiciones de humedad en los almacigos.

Los resultados de las pruebas de resistencia mecánica a esfuerzos de tracción en las estructuras sembradas en el campo, concluyen que sólo las estructuras de orlón resistieron las condiciones predominantes, con valores promedio de 0,109kg/mm². Esto indica una pérdida de la resistencia del material del 90,65%. Así mismo, el material enterrado mostró tendencia a disminuir el valor promedio mensual de su resistencia en 44,44%. Igualmente, el cartón, que sólo resistió 5 meses en el campo, presentó un porcentaje mensual promedio de pérdida de resistencia de 35,72% (Figura 2).

Figura 2.
Resistencia de las estructuras biodegradables a esfuerzos de tracción en condiciones de campo (promedio en kg/mm²). Cenicafé, Estación Central Naranjal, 1999.



Con base en estos resultados, en condiciones de almacigo y en el campo se proyectó el comportamiento de los materiales desde su empleo como estructuras en almacigo hasta el momento de la pérdida de su resistencia. Se concluye que las estructuras para almacigo fabricadas con cartón podrían resistir en promedio ocho meses, mientras que las fabricadas con tela de orlón resistirían diez meses (Figura 3)

En las Figuras 4, 5 y 6, se presentan los resultados de las determinaciones de peso en fresco, peso en seco y altura de las plantas; sólo

hubo diferencia significativa en el cuarto mes de establecimiento del almacigo a causa de la presencia de mancha de hierro en septiembre. El control oportuno en aquellas zonas donde la mancha causó mayor impacto permitió la rápida recuperación del almacigo.

Los resultados de las evaluaciones de los tiempos tipo, de acuerdo con la metodología de Barnes (1) y que se presentan en la Figura 7, permiten concluir que para las actividades de preparación, llenado, apilado y siembra en el campo, se presentaron diferencias estadísticas

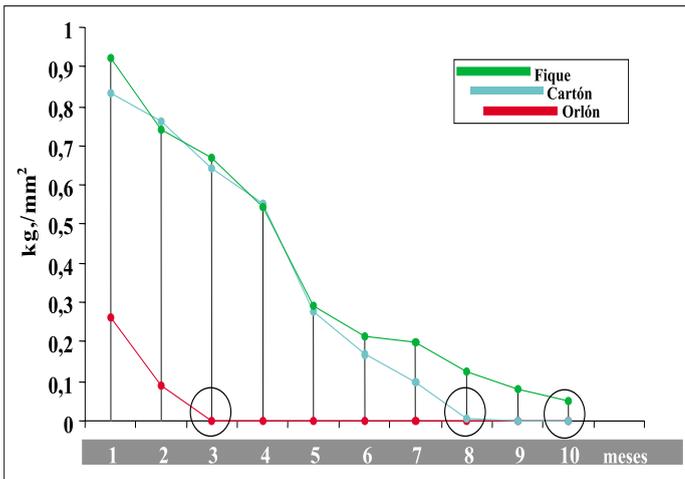


Figura 3. Proyección de la resistencia de las estructuras biodegradables a esfuerzos de tracción (promedio en kg/mm²).

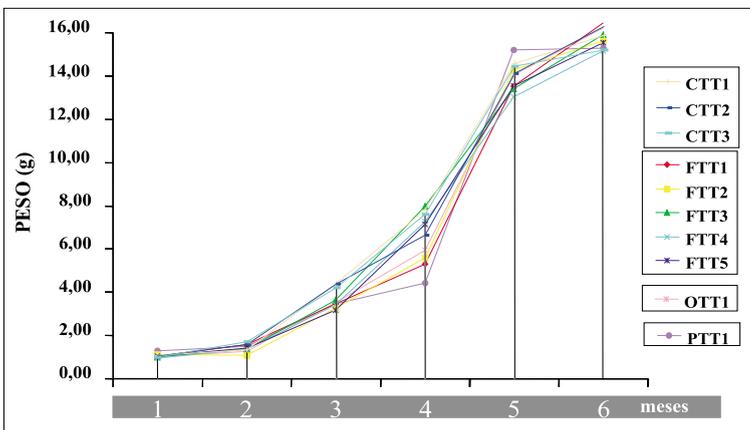


Figura 4. Peso en fresco promedio de plántulas por tratamiento, durante los 6 meses de almacigo.

Figura 5.
Materia seca de plántulas por tratamiento durante la etapa de almácigo (promedio de g/planta).

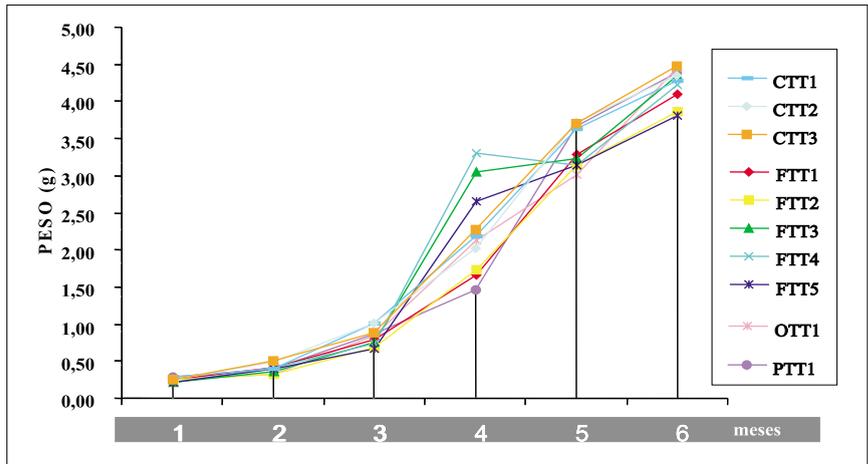


Figura 6.
Altura (promedio) de plantas de café por tratamiento en la etapa de almácigo.

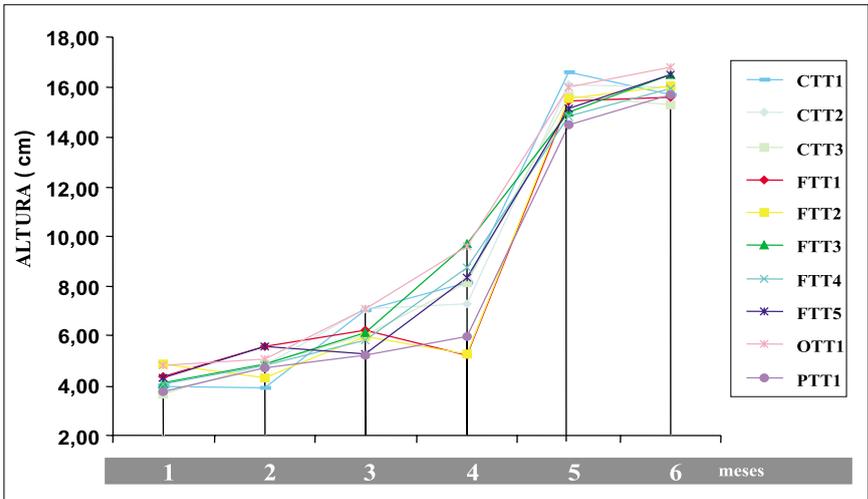
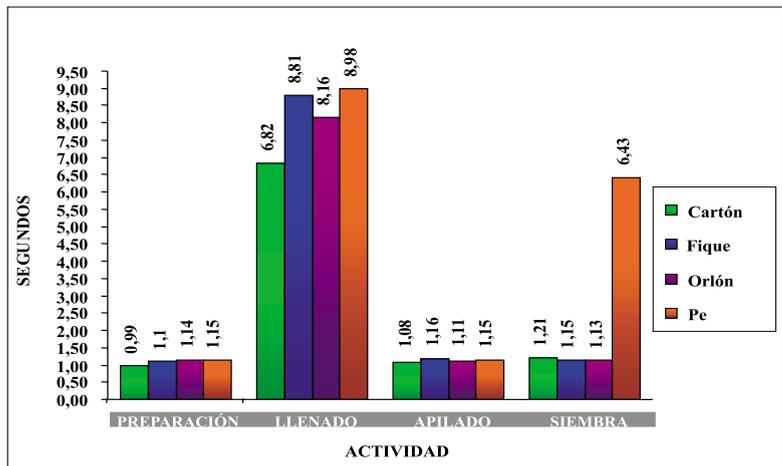


Figura 7.
Tiempos (promedios) y actividades desarrolladas en almácigos de café con estructuras de cartón reciclado, fique, orlón y polietileno (PE).



medios de los tiempos, con relación a los recipientes plásticos, en un 82,11%.

Dentro del flujo operativo manejado con las bolsas de PE, las actividades de llenado (con un 50,61%) y siembra en el campo (36,32%), registran los mayores tiempos, y se presentan como las dos secuencias operativas básicas dentro de las actividades de relación hombre - objeto, siendo las de preparación y apilado, de operación en segundo orden. Esto pone de manifiesto que la actividad sobre la cual debe centrarse todo el análisis operativo del trabajo en el almacigo, para las labores descritas, debe ser la de llenado, pues el uso de materiales biodegradables cambió la actividad de siembra en campo, de secuencia operativa principal a secundaria.

CONSIDERACIONES AMBIENTALES PARA EL DISEÑO DEL PRODUCTO.

Inventario de cargas. Para evaluar el comportamiento del producto a lo largo de su ciclo de vida se empleó la metodología que establece la norma ISO 14040 (2), manejando unidades funcionales (Tabla 2), que permitieron es-

tablecer indicadores cuantitativos del comportamiento de las diferentes alternativas, tomados del estudio de impacto ambiental realizado por la Universidad Industrial de Santander (UIS) y el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en 1998.

Con base en los indicadores ambientales ya descritos, se estableció para cada una de las alternativas el nivel de contaminación emitido al medio ambiente (Tabla 3).

Análisis del inventario. Los índices de emisión generados por proceso permiten concluir que los materiales provenientes de procesos de tejido en seco son los más eficientes ambientalmente pues generan, en promedio, la menor cantidad de emisiones, principalmente en efluentes y emisiones al aire, con excepción del CO₂ donde se presentan emisiones de 3,71kg/t, causadas por la poca tecnificación de la maquinaria empleada en los procesos de peinado e hilado.

Por su parte, los procesos en húmedo son más eficientes en el consumo de energía (por el alto nivel de tecnificación que poseen) y de emisiones sólidas, por los procesos de reciclaje que se manejan en las plantas de tratamiento de pulpas.

Tabla 2. Indicadores y unidades de medida.

Emisiones	Indicador	Unidad de medida
Sólidos	Residuos de Biomasa unitarios	kg/t
	Consumo de materias primas vegetales	t /t
Agua	Demanda química de oxígeno unitaria	kg. /t
	Demanda bioquímica de oxígeno unitaria	kg. /t
	Consumo de agua unitaria	m ³ /t
Aire	Emisiones de NO _x	kg./ t
	Emisiones de SO _x	kg/ t
	Emisiones de CO ₂	kg/ t
Energía	Energía Térmica unitaria	MJ/ t
	Energía Eléctrica unitaria	Kwh/ t

Fuente: UIS-IDEAM

Tabla 3. Cuantificación de emisiones por proceso de los factores ambientales impactados.

Emisiones	Indicador	Unidades	Material		
			CARTÓN	FIQUE	ORLÓN
Sólidos	RBU	kg/t	50,0	360,0	66,0
	CMPVU	t/t	2,50	0,88	1,25
Agua	DQOU	kg/t	25,2	5,30	21,40
	DBQOU	kg/t	11,0	2,80	10,20
	CHU	m ³ /t	120,0	0,00	115,0
Aire	NOX	kg/t	2,67	0,520	2,60
	SOX	kg/t	14,30	1,84	11,20
	CO2	kg/t	2,03	3,71	1,82
Energía	ETU	MJ/t	8500	9100	7900
	EEU	kwh/t	900,0	1800,0	830,0

Fuente: UIS-IDEAM

En el actual ciclo de vida de las bolsas de polietileno destinadas a los almacigos de café (Figura 8), la actividad de disposición final es la más importante porque representa el 99% del tiempo del ciclo. Se destaca que este porcentaje presenta incompatibilidades ambientales, a causa de que las bolsas de polietileno se abandonan en el campo al sembrar el almáximo. En consecuencia, su ciclo de vida se considera “negativo” al 99,02% (la etapa de producción, también negativa, representa el 0,2%).

El empleo de materiales biodegradables para reemplazar las bolsas de polietileno cambia por completo el comportamiento del objeto durante su ciclo de vida, pues la posibilidad de siembra del almáximo con su estructura elimina por completo los residuos existentes en la actualidad, por lo que la etapa de disposición final se presenta como positiva al 80% (Figura 7). La única etapa que presenta incompatibilidades en el nuevo modelo es la de producción, que representa el 5% del total. Esto equivale a decir que su ciclo de vida es negativo

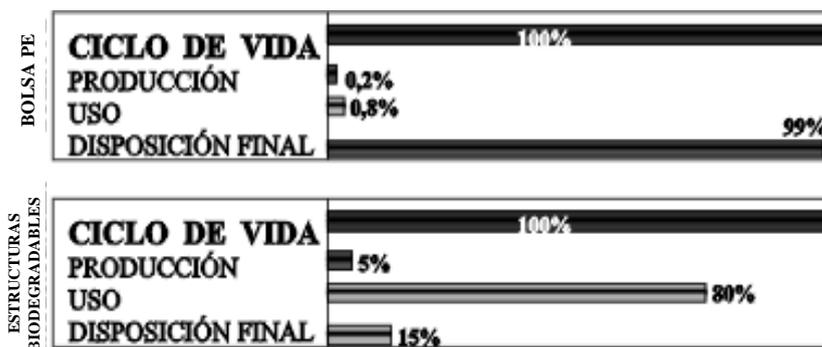


Figura 8. Ciclo de vida de bolsas de polietileno (PE) y estructuras biodegradables en almacigos de café.

sólo al 5% y que el hecho de usar materiales biodegradables cambia el ciclo de vida del producto de negativo al 99,02% a positivo al 95%.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a Cenicafé y a Colciencias.

LITERATURA CITADA

1. BARNES, R. Estudio de movimientos y tiempos. 5 ed. Madrid, Aguilar S. A., 1966. 700 p.
2. FIKSEL, J. Ingeniería del diseño medioambiental DFE: desarrollo integral de productos y procesos eco-eficientes. Madrid, McGraw Hill. p. 49. sf.
3. VEGAM., L. Gestión medioambiental: Un enfoque sistémico para la protección global e integral del medio ambiente. Santafé de Bogotá, Departamento Nacional de Planeación, 1998. p. 68-74.