

Elaboración de papel ecológico empleando estiércol de ganado bovino



Colaboración

Rosalinda Escamilla Ramírez; Dulce María Clemente Guerrero
Cristian Morán Muñoz; Josué Oseguera Reyes, Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio; Orquídea Sánchez López; Ignacio Hernández Castillo, Universidad Tecnológica de la Mixteca

RESUMEN: En este artículo se propone una innovadora forma de elaborar papel ecológico a partir de estiércol de ganado bovino, con lo cual se aprovechan las fibras que el animal consumió y digirió. Aprovechando este desecho del ganado bovino se forma una materia prima similar al producto que se obtiene en las plantas procesadoras de pulpa de papel, a la cual se le añade un aglutinante para dar mayor flexibilidad y resistencia, y cumplir con las características físicas del papel. La cantidad del aglutinante se obtuvo a partir de tres formulaciones con diferentes materiales; el ingrediente base se mezcló con cada formulación para elaborar papel ecológico, y se evaluaron las características antes mencionadas, obteniendo un sustituto ecológico para diversas aplicaciones en donde se emplee papel.

PALABRAS CLAVE: Papel ecológico, Estiércol de ganado bovino, papel reciclado, aglutinante, pulpa, flexibilidad.

ABSTRACT: This article proposes an innovative way to develop ecological paper made of manure from cattle. The fibers consumed and digested by this animal, and using this waste from cattle similar to the product obtained in processing pulp plants, where paper is produced. A raw material is obtained from this squandering, this material is processed using a binder to give greater flexibility and strength, and meet the physical characteristics of paper. The amount of the binder was obtained from three formulations with different materials; the base ingredient mixed with each formulation to create ecological paper, the previous characteristics were evaluated, obtaining an ecological substitute for different applications where paper is used.

KEYWORDS: Ecological paper, cattle manure, recycled paper, binder, pulp, flexibility.

INTRODUCCIÓN

En esta investigación se desarrolló un papel ecológico, el cual es un producto con valor agregado, amigable con el medio ambiente, que representa una alternativa para aprovechar los desechos generados en las ciudades y disminuir la contaminación. El agua también es un elemento imprescindible en la fabricación de papel, donde existen numerosas fuentes de contaminación de las aguas [7]. Existen estudios recientes en los cuales se aprovechan los desechos de papel para la creación de composta, como los desarrollados en [10], donde se creó una composta con residuos de papel y abono de vaca usando la lombriz rastreador *Eudrilus eugeniae* en África. Por otra parte, en [1] se desarrolló también una composta usando papel de desecho y abono utilizando la lombriz *Eisenia fetida* epigeos en la India.

En la actualidad, la recolección de residuos sólidos ha adquirido gran importancia en todo el mundo, sin embargo, el transporte y almacenaje de los desechos generan altos gastos para su posterior tratamiento

y reciclaje [5]. Para disminuir el daño ocasionado al medio ambiente, se está optando por elaborar papel usando alternativas no maderables, ocupando materiales como los desechos de la cáscara y penca del plátano y la creación de celulosa nanofibrilada (NFC) a partir de la pulpa blanqueada del eucalipto.[3,4,1]

Por otro lado, actualmente la empresa Poo Poo Paper está elaborando papel con estiércol de elefantes [9]. En [6] se describe el proceso para fabricar un papel exótico utilizando como materia prima las heces de los paquidermos. Los elefantes se alimentan de plantas verdes que contienen gran cantidad de materia fibrosa, sin embargo, sus sistemas digestivos no son totalmente eficientes y toda esta fibra termina casi intacta en sus heces. Es por ello que análogamente en la presente investigación se plantea el uso del estiércol de ganado bovino para elaborar papel, ya que es una especie que abunda en la localidad de Acatlán de Osorio, Puebla y sus alrededores.

MATERIAL Y MÉTODOS

El proyecto se realizó en el Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, en el Laboratorio de Ingeniería de Métodos y el Taller de Industrias Alimentarias, y las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura y en el Laboratorio de Química de la Universidad Tecnológica de la Mixteca.

Para la realización de las formulaciones se trabajó con tres métodos de tamizado, así mismo se evaluó de flexibilidad y resistencia de manera práctica del producto final.

Con el objetivo particular de realizar un estudio exploratorio se determinaron las formulaciones necesarias para que cumplan con las características y las normas de calidad requeridas para su utilización en láminas de papel dentro de la industria del embalaje y para su uso como material didáctico.

La figura 1 esquematiza el proceso de elaboración de papel ecológico a partir de estiércol de ganado bovino por medio de un diagrama de operaciones del proceso, cuyo principal objetivo es mostrar la secuencia cronológica de las operaciones, inspecciones y materiales que se usan en un sistema de producción [8], en este caso solo se describe de manera general los elementos que le agregan valor al producto terminado y se omiten por cuestiones de seguridad intelectual los tiempos que intervienen en cada una de ellas.

A continuación, se describen las actividades realizadas en cada uno de los elementos presentados en el diagrama de operaciones:

En el laboratorio se selecciona la materia prima que cumpla con los criterios de calidad en cuanto al secado y grado de madurez para el caso de los aglutinantes, cabe mencionar que los aglutinantes son residuos de plantas que se cultivan en la región y que no representa ningún daño al ecosistema, por otra parte, al utilizar el estiércol, éste pasa por un proceso de esterilización a alta temperatura que permite eliminar cualquier bacteria o microorganismo que habite en él, así mismo, elimina los malos olores que pudiera emanar de este.

Esterilización EGB: se realiza mediante un equipo de esterilización autoclave con capacidad de dos canastillas, situado en el taller de industrias alimentarias.

Molido de ingredientes: para este proceso se utiliza una licuadora industrial con capacidad de 12 litros con base de acero inoxidable y aspas templadas.

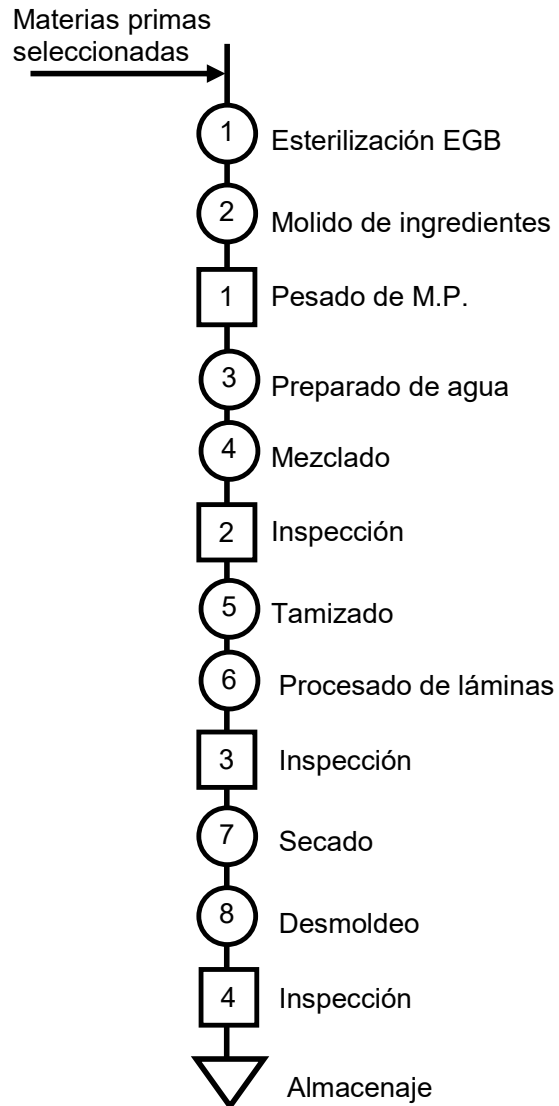


Figura 1. Diagrama de Operaciones del Proceso

Preparado de agua: se vacía la cantidad de agua requerida en una tina de plástico.

Inspección: para esta operación se hace uso de una balanza analítica y de precisión.

Mezclado: este proceso se lleva a cabo de forma manual dentro de la tina de plástico, donde anteriormente, se preparó el agua necesaria y se mezcló con la pulpa preparada de EGB y el aglutinante correspondiente (figura 2).



Figura 2: Mezcla de ingredientes.

Tamizado: En el proceso de tamizado, se inicia con la elección y selección de las materias primas renovables a utilizar, estiércol de ganado bovino y los diferentes tipos de aglutinantes, este proceso se llevó a cabo en bastidores de malla mosquitera con dimensiones de 35 cm X 55 cm. El tamizado inicia al mezclar la materia prima con el agua de donde se puede obtener hasta 100 láminas de papel de 35 x 55 cm y con grosor que varía en un rango de 0.400 mm a 0.500 mm. Por medio de los bastidores se logra dar forma a las láminas de papel y obtener únicamente la pulpa de la fibra de nuestras materias primas (figura 3).



Figura 3: Bastidores para láminas de papel

Procesado de láminas: de forma manual, al sumergir y sacar de la mezcla los bastidores por el operador.

Secado: El proceso de secado se realiza a través de la energía solar donde se deja reposar por un tiempo a temperatura ambiente en un lugar abierto y directamente a los rayos del sol, cabe mencionar que la región Mixteca tiene un clima favorable para el aprovechamiento de la energía solar.

Desmoldado: es hecho de forma manual por un operador.

Inspección: Posteriormente, se realizan las mediciones siguientes: masa base, resistencia a la ruptura y absorbencia, utilizando los equipos: balanza analítica, texturómetro manual y cronómetro digital, para cada prueba respectivamente, lo cual permite identificar la calidad del papel y su diversidad de usos como posible opción para la industria del embalaje.

Almacenaje: las láminas de papel se quedan en un área de almacén para su resguardo y protección.

En la tabla 1 se presentan las formulaciones de cada tipo de papel ecológico que fueron elaborados a partir de estiércol de ganado bovino y 4 diferentes productos naturales usados como aglutinantes que les proporciona adherencia, flexibilidad y resistencia, originando una pulpa fibrosa para la pasta que origina cada lamina de papel. Los nombres de los aglutinantes utilizados son omitidos por ser parte central de esta investigación.

Formulación I (FI): En la primera formulación se utilizó el estiércol de ganado bovino (EGB) y el aglutinante (A) para la preparación de la mezcla, en el proceso de tamizado se utilizó agua, sin embargo, con la pasta obtenida no se logró obtener la resistencia necesaria del papel debido a que su consistencia de la fibra era muy frágil al tacto. La función que realiza el aglutinante (A) es brindarle una textura para la pasta del papel. Para el proceso de secado de las láminas fabricadas se expusieron por un tiempo determinado de manera directa al sol para lograr un secado total y eliminar la humedad contenida en ellas.

Tabla 1. Formulaciones evaluadas.

Ingredientes	Formulación (gramos)		
	I	II	III
Estiércol de ganado bovino. (EGB)	100	100	100
Aglutinante (A)	50	50	50
Aglutinante (B)		50	
Aglutinante (C)			50
Aglutinante (D)			50

Formulación II (FII): En la formulación II se utilizó el EGB y los aglutinantes (A) y (B), en el proceso del tamizado se empleó el agua necesaria para lograr obtener una fibra más consistente. Se utilizó el aglutinante (B) con el propósito de que brindara mayor resistencia y flexibilidad a la lámina fabricada. Nuevamente, se expone directamente a los rayos solares durante un tiempo igual al de la primera formulación.

Formulación III (FIII): En la última formulación se mezcla EGB, aglutinante (A) y se descarta el aglutinante (B), pero para darle mayor resistencia se considera adicionarle el aglutinante (C) y el (D), debido a que en las dos primeras formulaciones este fue uno de los principales problemas. Se emplea el agua suficiente para darle mejor consistencia a la pulpa utilizada para elaborar la lámina de papel. El proceso de secado, dura el mismo tiempo que en las otras dos formulaciones exponiéndola al sol directamente.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la figura 4 se puede observar las muestras elaboradas de cada una de las tres formulaciones de papel que se obtuvieron durante el desarrollo del presente análisis. De manera general, no se percibió algún olor en las muestras fabricadas, debido al proceso de esterilización al que fueron sometidas.

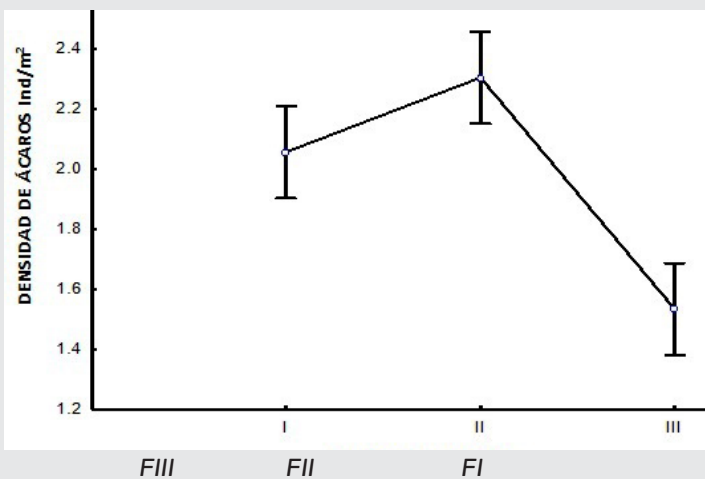


Figura 2. Muestras de papel ecológico.

Para medir la Masa Base se consideró el peso por unidad de área, siendo una característica fundamental del papel. Ésta es la expresión recomendada para peso base por la TAPPI (Technical Association for the Pulp & Paper Industry), descrita en los estándares T410. Este método describe el procedimiento para definir el “peso” por unidad de área del papel y cartón corrugado, también llamado “peso” o “gramaje”, las unidades métricas están expresadas en el sistema internacional, en las cuales el gramaje (masa por unidad de área) se expresa en g/m2 [11].

En la figura 5 se presentan los valores obtenidos de los tres parámetros establecidos, masa base (g/m2), resistencia a la ruptura (Kgf), y absorbencia (s). En la figura 3A se observa la masa base de las formulaciones, con valores entre 118 g/m2 y 164.4 g/m2, el valor más bajo corresponde a la FI y el más alto a la FII. Los valores de la resistencia a la ruptura se muestran en la figura 3B, se tiene que la FIII presenta mayor resistencia con 3.0 Kgf, mientras que la FI posee el valor más bajo de 1.6 Kgf. Finalmente, la figura 3C, muestra los valores de absorbencia, encontrándose valores entre 7.2 s y 40.4 s, siendo la FI la de mayor absorbencia.

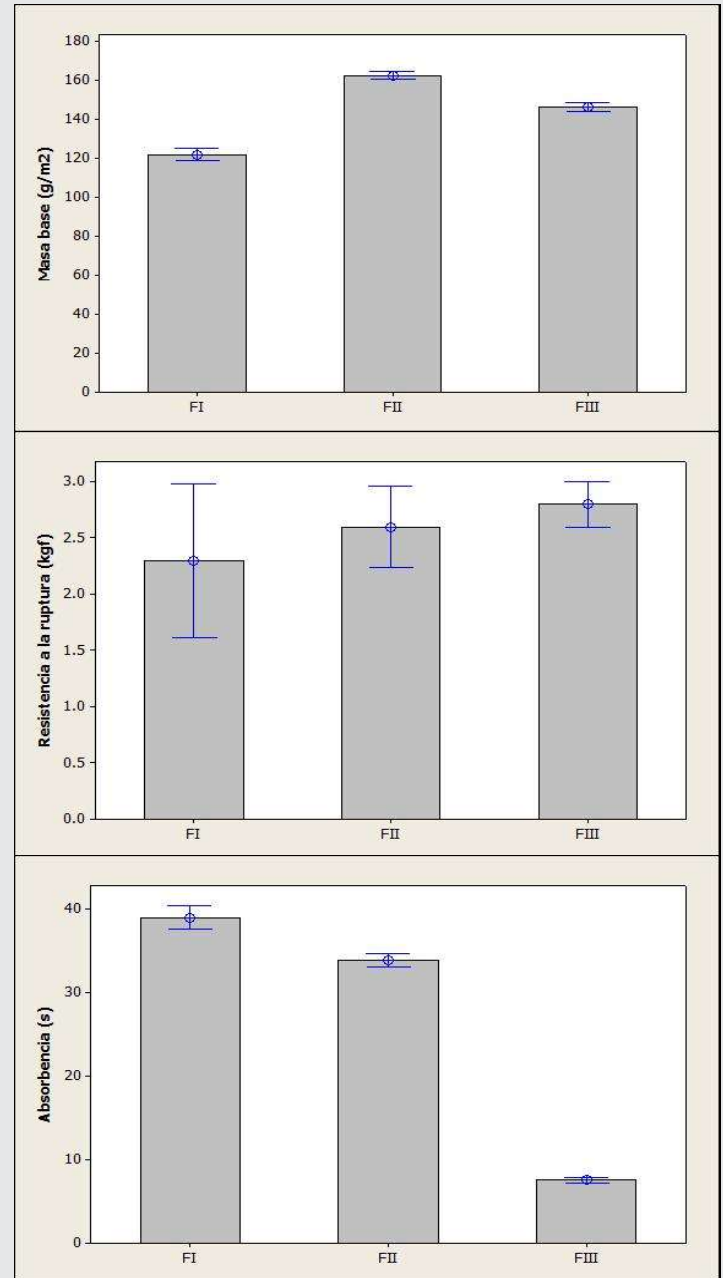


Figura 5. Parámetros de FI, FII y FIII. A. Masa base, B. Resistencia a la ruptura y C. Absorbencia.

En las pruebas de resistencia y absorbencia, la FIII muestra un valor adecuado en comparación con las otras dos formulaciones.

Al obtener el producto final, se realizaron pruebas de escritura sobre las láminas de papel ecológico como se observa en la figura 6, incluso se probó el papel de la formulación III con una impresora de tinta continua modelo Brother MFC-J5910DW (figura 7), donde se comprobó que pueden ser utilizadas para diversos usos didácticos, así mismo se lograron hacer unos prototipos de cajas para embalaje de productos no perecederos (figura 8), en la parte del arte podría ser considerado este tipo de papel para las pinturas debido a sus características físicas y dado que en las pruebas se lograron excelentes resultados.

CONCLUSIONES:

La propuesta de realizar un papel ecológico a partir de estiércol de ganado bovino es una alternativa que permite contribuir al cuidado del medio ambiente, se disminuye en la tala de árboles, se ahorra energía, se utiliza menos cantidad de agua comparado con la industria papelera.

REFERENCIAS

[1] Alcalá M., González I., Boufi S., Vilaseca F., Mutjé P. All-cellulose composites from unbleached hardwood kraft pulp reinforced with nanofibrillated cellulose. *Cellulose* (2013) edición 20, pp. 2909- 2921

[2] Basheer M., Agrawal O.P. (2013). Management of paper waste by vermicomposting using epigeic earthworm, *Eudrilus eugeniae* in Gwalior, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* ISSN: 2319-7706 Volume 2 Number 4 (2013) pp. 42-47

[3] Canché G., De los Santos J., Andrade S., Gómez R. (2011). Production of Cellulose from Banana Plant Agricultural Waste. *Información Tecnológica Vol. 16 N°1 2005*, pp.83-88

[4] Delgado M., Recas E., Puig J., Arbat G, Pereira M., Vilaseca F., Mutjé P. Addition of nanofibrillated cellulose to the stone groundwood suspensions and on surface: a good alternative to classic beating process. *Maderas, Cienc. tecnol. vol.17 no.2 Concepción abr. 2015 Epub 28-Feb-2015*

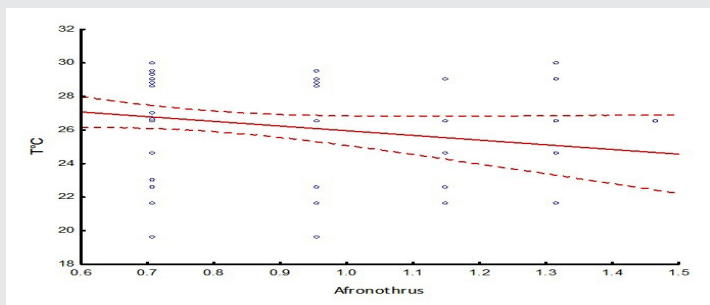


Figura 6: Prueba de escritura

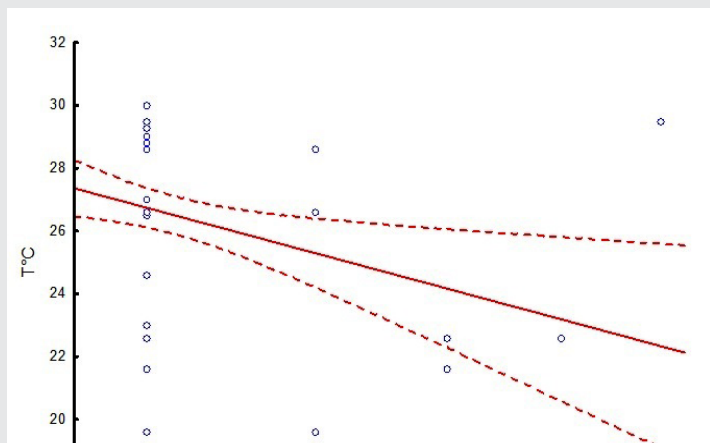


Figura 7: Prueba de impresión.

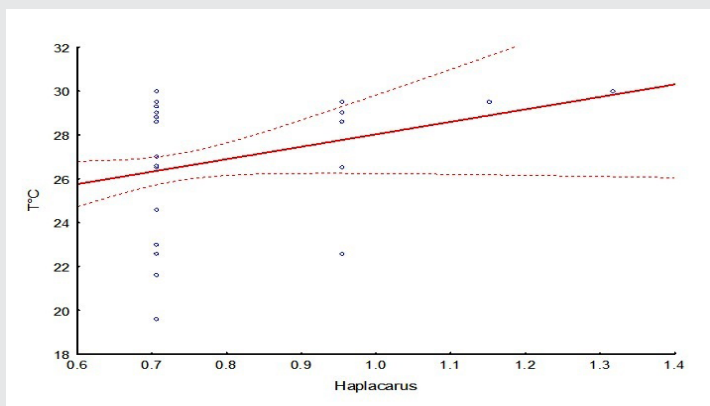


Figura 8: Prototipo de caja para embalaje de productos artesanales de la región.

[5] Demirbas A. (2010). *Waste management, waste resource facilities and waste conversion processes. Energy Conversion and Management Edición 52* (2011) pp. 1280–1287.

[6] Farah, N., Amna, M., Naila, Y., Ishtiaq, R. (2014) *Processing of Elephant Dung and its Utilization as a Raw Material for Making Exotic Paper. Research Journal of Chemical Sciences*, 4(8), 94-103.

[7] Negro, C.; Blanco, M.A.; Gaspar, I.; Tijero, J. *El agua en la industria papelera. Ingeniería Química* 1995, 319, 137-145.

[8] Niebel, B. & Freivalds. *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño. Editorial Alfaomega. 11ª edición, 2009*

[9] (2004) *Recycled & Odorless Paper Products Made From Poo*. Consultado el 24 de julio del 2014, POOPOOPAPER™ Pagina web de una empresa productora de papel reciclado: <http://new.poopoo-paper.com/>

[10] Wani K.A., Mamta b, Rao R.J. (2013). *Bioconversion of garden waste, kitchen waste and cow dung into value-added products using earthworm Eisenia férida. Saudi Journal of Biological Sciences* (2013) vol. 20, pp.149–154

[11] *Technical Association for the Pulp & Paper Industry, TAPPI Standards: Regulations and Style Guidelines* (2013) pp.536.



Tierra,
Medio Ambiente
y Energía

Ingeniantes

Instituto Tecnológico Superior de Misantla