

RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL  
BIOLÓGICO

**Recipiente biodegradable a partir del Bagazo de Caña, para el empaqueo de insectos  
para Control Biológico**

Juan José Leguízamo Matias

Asesor

Raúl Vargas Vargas

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA

Agronomía

Acacias - Meta

Septiembre 2020

RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## Agradecimientos

Agradezco primeramente a YHVH Dios que concedió la vida, me formo como una persona honrada, dedicada, de buenos principios; dándome la oportunidad de superarme profesionalmente, acondicionando el camino para que las cosas se den, pese a los obstáculos y pruebas puedo culminar una de mis metas.

A mis padres, que estuvieron juntos hasta que la muerte los separo, pero lograron formar hijos respetuosos, cultos, con buenos valores. A mis abuelos por su cariño y ejemplo, demostrando que el amor entre personas distintas si puede existir, como lo enseña 1ª de Corintios 13:4-7.

Un agradecimiento muy especial a L.M.H. por su inmenso cariño, su infinita amistad y paciencia, por el gigantesco esfuerzo y sacrificio que hizo por nosotros, el gran apoyo que me dio, ayudando así a que pudiera alcanzar esta meta, de que seamos, mi hija y yo, grades personas. No tengo manera de darle las gracias y gratificar su dedicación y sacrificio.

Quiero agradecer a la institución UNAD por darnos la oportunidad y facilidad de poder alcanzar el sueño de muchos colombianos, de poder culminar estudios académicos, desarrollar una carrera profesional o tecnológica, dando las facilidades, los medios y recursos para superar los obstáculos de tiempo, distancia y económicos; de esta manera, muchos de nosotros podemos desde nuestros lugares de residencia, continuar con nuestra vida cotidiana, trabajar y estudiar a la vez. Así mismo a los tutores por compartir sus conocimientos y tiempo para que más colombianos sean capacitados para desarrollar actividades que generen desarrollo a las regiones.

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## **Dedicatoria**

A mi hija Angelizeth, que ha sido mi motivación para vivir, luchar y seguir adelante con orgullo, en busca de su mejor calidad de vida y bienestar; por ella que es el motor que me empuja cada día a superarme, ser cada vez mejor y lograr mis metas.

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## Tabla de contenido

Tabla de imágenes .....	7
Resumen .....	8
Abstract.....	9
Introducción .....	10
Planteamiento del problema.....	13
Objetivos.....	19
General.....	19
Específicos .....	19
Marco teórico y conceptual .....	20
Caña de azúcar .....	20
Control biológico en los cañaverales.....	21
Celulosa.....	25
Pasta mecánica .....	26
Pasta química.....	27
Pasta semi-química.....	27
Pasta por otros procesos.....	27
El bagazo de la caña de azúcar (como materia prima).....	29
Aprovisionamiento.....	30
Antecedente.....	31
El envase propuesto .....	32
Método.....	34
Elaboración.....	34
Fabricación manual de papel/cartón artesanal.....	34
1) Cortado.....	36

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

2)	Cocción .....	36
3)	Lavado.....	37
4)	Blanqueado de la pasta .....	37
5)	Desintegrado de la fibra.....	38
6)	Moldeado.....	38
7)	Prensado .....	39
8)	Secado .....	39
	Procedimiento.....	40
	Materiales usados.....	40
	Paso a paso .....	41
	Alternativa de elaboración de papel/cartón .....	42
	Fabricación de los recipientes.....	43
	Resultados.....	45
	Conclusiones .....	47
	Referencias Bibliográficas.....	48
	Lista de imagenes.....	53
	Apéndice A .....	60
	Descripción de la máquina formadora de vasos de papel .....	60

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## Tabla de imágenes

Imagen 1. Cultivo de Caña de azúcar.....	53
Imagen 2. Vasos con <i>Cotesia</i> .....	53
Imagen 3. Liberación de <i>Cotesia</i> .....	53
Imagen 4. Vasos con <i>Cotesia</i> en el cultivo.....	53
Imagen 5. Producción de <i>Cotesia</i> .....	54
Imagen 6. Caja Petri con <i>Cotesia</i> .....	54
Imagen 7. <i>Cotesia</i> parasitando larva de <i>Diatraea</i> y <i>Trichogramma</i> .....	54
Imagen 8. Muestra de bagazo seco.....	55
Imagen 9. Surco de caña de azúcar.....	55
Imagen 10. Materiales.....	56
Imagen 11. Bastidor y moldes.....	57
Imagen 12. Cocción de la pulpa.....	57
Imagen 13. Pastas de celulosa obtenidas.....	57
Imagen 14. Presentación del recipiente.....	58
Imagen 15. Prototipo de producto final.....	58
Imagen 16. Vaso biodegradable con tapa.....	58
Imagen 17. Algunos productos elaborados.....	58
Imagen 18. Proceso de transformación.....	59

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## Resumen

En diferentes cultivos para la industria azucarera y de la destilería a partir de caña de azúcar, para realizar el control de la principal plaga del cultivo, el barrenador de la caña o *Diatraea sp.*, se usan gran variedad de biocontroladores (enemigos naturales), como la avispa *Cotesia flavipes*, un parasitoide que puede ser producido en laboratorio, es empacada y distribuido para la liberación en los cultivos, en vasos desechables plásticos, de diferentes polímeros sintéticos, los cuales ya se ha demostrado su impacto ambiental, la gran contaminación que genera estos polímeros, y que pueden ser remplazados por otros productos, elementos o materiales, más amigables con el medio ambiente. El bagazo de la caña de azúcar producido en los ingenios y destilerías de etanol, es de gran interés por la versatilidad de su aprovechamiento para cumplir con este propósito, materia prima para diferentes productos ecológicos; uno de ellos es el contenido de fibra para la obtención de celulosa para la fabricación de papel y cartón, materiales con los cuales se puede elaborar un empaque totalmente biodegradable para contener los insectos biocontroladores.



# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## Abstract

In different cultivations for the sugar industry and of the distillery from sugar cane, to perform control of the main plague of the cultivation, the borer of the cane or *Diatraea sp.*, are used great variety of biocontrollers (natural enemies), as the wasps *Cotesia flavipes*, a parasitoid that could be produced in the laboratory, it is packaged and distributed for release in crops, in glasses disposable plastic, of different synthetic polymers, which have already demonstrated their environmental impact, the great contamination that generates these polymers, that can be replaced by other products, elements or materials, more friendly with the environment. The bagasse of the sugar cane produced in the mills and distillations of ethanol, are of great interest for their versatility to fulfill this purpose, raw material for different ecological products; one of them is the fiber content for obtaining cellulose for the manufacture of paper and carton, materials with which they can be made to be completely biodegradable packaging to contain biocontrol insects.

**Palabras clave:** recipiente biodegradable, bagazo, celulosa, biocontroladores, *Cotesia*.

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## **Recipiente biodegradable a partir del Bagazo de Caña, para el empaqueo de insectos para Control Biológico**

### **Introducción**

En una sociedad consumista y un mundo en constante crecimiento, tanto demográfico como económico, las explotaciones agrícolas conllevan a adoptar sistemas de monocultivos, extensivos e intensivos (ver Imagen 1); provocando serios problemas ambientales y sociales. Dentro de los problemas ambientales, está el deterioro de los suelos por su mal manejo, sobre cargue y agotamiento; causando erosión, baja productividad, esterilidad; contaminación de fuentes hídricas y del aire, extinción de especies nativas de fauna y flora, entre otros. Además, los monocultivos siempre conllevan al aumento de plagas y enfermedades, tanto endémicas como otras que no existían en la región (nativas o introducidas).

Para mantener controlado algunos de los efectos de la expansión agrícola y poder cubrir la demanda, se han implementado medidas que en su mayoría de casos tienen un impacto negativo en el medio ambiente. A lo largo de la historia se ha evidenciado como la intervención indiscriminada y sin control, de la mano del hombre repercute en el entorno, en el deterioro del ambiente, tanto a corto como a mediano y largo plazo. Una de éstas acciones ha sido la implementación y expansión del uso del plástico, el cual en sus diferentes modalidades como descendientes de polímeros sintéticos derivados del petróleo, ha cubierto las diferentes áreas de la vida humana, hoy en día casi por cualquier lado donde se dirija la mirada hay plástico o un derivado del petróleo: nuestra ropa, zapatos, edificios, calles, avisos, automóviles; todo tipo de utensilios se pueden encontrar en la casa, en el trabajo, la oficina, la tienda, el supermercado, etc. Esto unido al consumismo y a la inconsciente cultura del use y desecho, ha llevado a que este producto sea el más grande foco de contaminación, en ríos, mares, suelos; hasta el grado de encontrarse islas flotantes en medio del océano compactadas en solo desechos plásticos, además de las nocivas partículas casi eternas que circulan en la capa

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

vegetal de los suelos.

Como es de esperarse la agricultura también está invadido con el uso de plásticos, en empaques, envases y otros elementos sintéticos que llegan a los cultivos, el suelo y las fuentes hídricas, este elemento contaminante. Un ejemplo es el uso de vasos desechables de polipropileno donde se empaca y se lleva a campo insectos para el control de plagas, estos vasos quedan en los cultivos (ver Imagen 2 al 4), donde se desintegran en fragmentos los cuales quedan suspendidos por cientos de años en el suelo, incorporándose en ellos o siendo esparcidos por las lluvias, hasta ser arrastrados a por arroyos llegando a ríos y finalmente al interior de animales.

En la actualidad con la revolución verde y los movimientos ambientalistas, agrupaciones consientes del devastador efecto de la contaminación y el daño que estamos generando al medio ambiente y por ende a nosotros mismos; se han desarrollado múltiples investigaciones y proyectos con el fin de desplazar el uso de desechables y plásticos de un solo uso. Innovaciones como recipientes o plásticos a base de algas, ligninas, celulosa, fibras naturales, ácido poliláctico, entre otras, son solo algunas de alternativas propuestas. Hace falta más interés para el desarrollo tecnológico y producción a gran escala para la transformación de las materias primas y poder erradicar definitivamente el uso de diferentes tipos de plástico por productos completamente biodegradables y mucho más amigables con la naturaleza.

Este es la visión principal con la se quiere desarrollar el siguiente trabajo, presentar un recipiente completamente biodegradable, amigable con el medio ambiente, aprovechando recursos disponibles, desechos de la agroindustria, como es el bagazo de la caña de azúcar proveniente de ingenios y fábricas de azúcar, panela y etanol; remplazando así el uso de plásticos, como los vasos desechables usados en las Biofabrica para el envasado de insectos para control biológico (ver Imagen 5). A partir de éste dejar la puerta abierta para desarrollar también un recipiente impermeabilizado, que pueda contener líquidos para el consumo

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

humano, sin dejar que sea un producto 100% biodegradable y pueda reemplazar los desechables en cafeterías, tiendas y demás.

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## Planteamiento del problema

En cualquier cultivo comercial, ya sea a gran o a baja escala, es necesario para lograr una buena productividad, implementar técnicas y estrategia de producción, de mantenimiento y de control; en su mayoría ya reglamentadas como BPA (Buenas Prácticas Agrícolas), las cuales aseguran la protección del medio ambiente, el entorno y la comunidad. Una de estas técnicas o estrategias es la implementación de los MIPE (Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades), esta incluye, llevar la trazabilidad de los métodos de manejo mediante evaluaciones fitosanitarias, estimar los rangos de daño económico y permisible para la especie en cuestión; realizar los controles adecuados según el caso, partiendo desde el más económico y sencillo, como los controles manuales (cortes, podas, recolectas, capturas, etc.) teniendo en cuenta el manejo preventivo y agronómico correcto del cultivo; seguido por controles biológicos (insectos, parasitoides, entomopatógenos, etc.) y finalmente recurriendo en última instancia el control químico (fungicidas, plaguicidas, insecticidas, etc.).

Los Controles Biológicos o Biocontroladores, es la estrategia más amigable con el medioambiente para el control de plagas y algunas enfermedades; llegando a ser más económica en compensación, comparándola con las aplicaciones de controles químicos. Para Jaime Gaviria (1.981) en su investigación para el control de *Diatraea* en el cultivo de caña, argumenta que "control biológico" es el método que la Entomología aplicada moderna brinda, mediante la utilización científica de los enemigos naturales o parásitos del insecto plaga, como el método positivamente efectivo, práctico y económico de controlar este insecto mayor de la caña de azúcar.

Entre los Biocontroladores se encuentran diferentes especies en su ámbito natural, nativos y otros que han sido llevados al laboratorio para su reproducción artificial. Entre estos últimos se encuentran diferentes especies de la familia de los taquinidos (*Paratheresia claripalpis*, *Lixophaga diatraeae*, *Metagonistylum mínense*, *Jaynesleskia jaynesi*) y de

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

himenópteros (*Telenomus sp.*, *Trichogramma sp.*, *Cotesia flavipes*). (Gaviria, 1.981) Estos insectos Biocontroladores, que se producen en masa en laboratorios biológicos y/o biotecnológicos, son comercializados en diferentes presentaciones, para ser llevados a los cultivos con el problema de los insectos plaga en cuestión.

Los insectos controladores son llevados a campo en su mayoría en estado adulto o en punto de eclosión, para que realicen su trabajo sobre las especies plaga, que en su gran mayoría son del género *Lepidóptera* y *Coleóptera*, atacándolos en sus estados de larva, pupa (crisálida) o huevo, respectivamente. Para hacer estas liberaciones de insectos benéficos en los cultivos, los Biocontroladores son empacados en diferentes recipientes para poderlos dosificar y distribuir a lo largo de los extensos cultivos. Hay controladores que son empacados en vasos desechables de plástico, como el caso de la avispa *Cotesia sp.* (Imágenes 1 y 4); esto representa un cierto impacto ambiental, un foco de contaminación, al utilizar polímeros sintéticos, los cuales no son biodegradables, es decir, que la naturaleza (microorganismos o medio ambiente) no son capaces de descomponer la materia, quedando partículas suspendidas en el suelo y otras arrastradas por los efectos de las lluvias a diferentes causas hídricas.

El plástico está hecho primordialmente de monómeros y otras sustancias procedentes del gas o petróleo, que, mediante una reacción química dan lugar a una macromolécula, el polímero o resina plástica, a ésta se le añaden aditivos para conferirle determinadas cualidades, diferentes texturas, aumento de la temperatura ignífuga, dureza, estabilidad, brillo, entre otros (Bilbao V., 2015). En su misma obra Bilbao V. cita *Barnes et al.*, (2009) menciona que los plásticos convencionales se caracterizan por no sufrir procesos de oxidación con la humedad y oxígeno del medio ambiente. Sufren una transformación con los rayos ultravioleta procedentes del sol, que al cabo del tiempo hacen que pierdan resistencia, se cristaliza y se fragmentan en partículas diminutas sin sufrir ningún cambio en su composición química; es decir, el plástico

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

degradado sigue siendo plástico a lo que se denomina microplástico.

Tanto los fragmentos como el microplástico, pueden ser fácilmente ingeridos por diferentes animales, lo que pueden dañar sus intestinos, causar infección e incluso muerte, o estimular que el animal se sienta saciado y deje de alimentarse (los primeros casos documentados de ingestión de plástico datan de 1966, cuando se encontraron 74 pollos de albatros de Laysan (SEO/BirdLife, 2019)). Además, el plástico tiene una capacidad de adsorción que retiene algunos químicos, facilitando así la entrada de estos a la cadena trófica; eventualmente provocando la bioacumulación de sustancias. Como fue demostrado por el Instituto de Ciencias Marinas de Virginia, asegurando que grillos de la especie *Acheta domesticus* y otros insectos terrestres pueden ingerir plásticos desechados en la naturaleza y con ello acumular polibromodifenil éteres (PBDE), unos compuestos químicos medioambientalmente persistentes que se usan como aditivos en los plásticos y que se consideran tóxicos. Los seres humanos también estamos expuestos a los PBDE, principalmente a través del polvo y nuestra dieta (SEO/BirdLife, 2019).

Por esta y muchas otras razones evidenciadas en los últimos años, referente a la contaminación por plásticos, se hace necesario buscar alternativas para sustituir el uso de polímeros sintéticos en sus diferentes presentaciones o plásticos, por opciones más amigables con el medio ambiente, 100% biodegradables. En la actualidad con la revolución verde y los movimientos ambientalistas, se han desarrollado múltiples investigaciones y proyectos, con el fin de desplazar el uso de desechables y plásticos de un solo uso. Recipientes a base de algas, ligninas, celulosa, fibras naturales, ácido poliláctico, entre otras, son las propuestas innovadoras.

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## Justificación

En las últimas décadas la “revolución verde” y diferentes movimientos y organizaciones ambientales han puesto la alarma por el deterioro ambiental, los perjuicios, el impacto que conllevan nuestras acciones sobre el medio ambiente; efectos por la contaminación y el uso discriminado de los recursos. El cambio climático, ruptura de la capa de ozono, disminución de los recursos naturales, desastres naturales, extinción de especies de flora y de fauna, plagas, virus y enfermedades; son algunas de las consecuencias.

La historia evolutiva desde la aparición del hombre sobre la tierra, esta descrita por el paso de diferentes eras o edades, dividida de acuerdo con el material predominante en la elaboración de sus utensilios; así pues, la prehistoria de la humanidad fue dividida en edad de piedra, de cobre, de bronce y de hierro. En la actual era, catalogada como la edad contemporánea, se reviste de ser denominada la edad de plástico, puesto que, donde votemos a ver encontramos la presencia de plásticos. Se usan como materiales de construcción, en vehículos, en el procesado de alimentos y su embalaje, en teléfonos móviles, en la ropa, en la composición de muchos cosméticos e incluso en los utensilios que usamos para comer.

(SEO/BirdLife, 2019)

“En la actualidad vivimos sumergidos en la “cultura de usar y tirar”. El Hombre derrocha los bienes de consumo, bienes que se fabrican a partir de recursos naturales. De manera, que el Hombre derrocha la Naturaleza” (Garnica G., Arias R., Ruiz, & Sanz M., 2007, pág. 4). Más que una necesidad es una obligación adoptar medidas y alternativas para reducir e incluso, eliminar el uso de plásticos de un solo uso y otros de vida útil muy bajos, como son los vasos y platos desechables, cubiertos, pitillos, etc. En el caso específico, que se quiere desplazar con este trabajo, es el uso de vasos desechables para el empacado y distribución de insectos biocontroladores en cultivos comerciales, como es el caso de la producción de la avispa *Cotesia flavipes* para el control de las infestaciones del barrenador de la caña *Diatraea sp*, en



## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

los cultivos extensivos de caña de azúcar, presentes en el municipio de Puerto López (en la Imagen 1 se puede observar la extensión de cultivo en una sola de las fincas). Desarrollando un empaque completamente biodegradable, hecho a partir de los residuos industriales del mismo cultivo de caña, en especial el bagazo proveniente de los molinos (Imagen 8). Este empaque puede implementarse en otros cultivos, con otros biocontroladores entomológicos de cualquier laboratorio dedicado a su producción.

Se puede desarrollar el sistema hasta el punto de elaborar recipientes o vasos capaces de retener líquidos, (contener bebidas, por ejemplo) impermeabilizándolos con polímeros naturales completamente biodegradables, los cuales pueden ser sintetizados a partir de los mismos subproductos de la caña de azúcar. Incluso Mondelli (1943) en su tesis de doctorado en química recopila algunos trabajos e investigaciones, donde se propone la obtención y el aprovechamiento de la lignina como materia prima para hacer diferentes productos termoplásticos, así mismo presenta un compendio para la elaboración de recipientes plásticos usando el bagazo de caña de azúcar (pag.20)

Varias investigaciones han logrado dar como resultado, la factibilidad de obtener bioplástico PLA (Poliacidoláctico) (Bilbao V., 2015) que es un poliéster alifático termoplástico, un biopolímero que se obtiene a partir de recursos renovables y son biodegradables (Giaroli & Maggioni, 2015). La materia prima para la fabricación del PLA es a partir de la polimerización del ácido láctico; este se adquiere de la fermentación bacteriana de sustratos ricos en carbohidratos, sustratos carbonados puros como la glucosa, sacarosa y lactosa o compuestos como el almidón, el lactosuero y las mieles, que provienen de la industria azucarera, alimenticia y la agricultura. (Giaroli & Maggioni, 2015)

Como se puede ver, la caña de azúcar tiene otras aplicaciones, no solo para la producción de azúcar, etanol y cogeneración, sino que sus subproductos también son aprovechables. Para nosotros el bagazo tiene las propiedades físicas y químicas óptimas para

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

la obtención de celulosa o pasta para elaborar papel o cartón. A partir de esta premisa, se puede lograr elaborar un recipiente, que con tranquilidad pueda ser llevado a los cultivos conteniendo las avispitas para liberar y controlar las plagas; dejarlos en el cultivo sin el problema de dejar residuos contaminantes, pues éste, al ser elaborado con el bagazo del propio cultivo, se deshará en poco tiempo en presencia de humedad. Esto último ecológicamente hablando es una gran ventaja, pero desfavorable si se quiere conservar más tiempo o que su contenido, en este caso, las avispitas, sean protegidas de las lluvias. Esta desventaja puede ser contrarrestada aplicando una película de algún impermeabilizante natural, como el bioplástico PLA; algo que será tema de otras investigaciones o proyecto, hasta llegar al grado de poder usar el producto como un envase para contener bebidas, un vaso para el café por ejemplo.

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## Objetivos

### General

Presentar una alternativa biodegradable, para remplazar los vasos desechables usados para el empaqueo y distribución de Biocontroladores como *Cotesia flavipes*, en cultivos comerciales como la caña de azúcar.

### Específicos

- Realizar una indagación en diferentes fuentes para encontrar opciones para elaborar un empaque o recipiente totalmente biodegradable a partir de los subproductos generados en los procesos agroindustriales de caña de azúcar.

- Presentar una alternativa para el empaqueo de Biocontroladores, un recipiente biodegradable a partir de bagazo de caña de azúcar.

- Sustituir los vasos desechables usados en la aplicación del Biocontroladores como *Cotesia flavipes* para el control de *Diatraea sp* en los cultivos de caña de azúcar.

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## Marco teórico y conceptual

### Caña de azúcar

La caña de azúcar es una gramínea de gran tamaño, de gran valor agroindustrial por su alto contenido de sacarosa, en forma de jugos extraíbles, los cuales son la materia prima para la fabricación de azúcar de cocina, panela y etanol; además de su alta producción de biomasa en forma de fibra y hoja (Imagen 9). A nivel macro, los tallos de caña de azúcar están compuesta básicamente en un 73% de agua, de un 8 a un 15% de azúcares y un 11 a 16% de fibra (Díaz M & Portocarrero R, 2002) indudablemente, el vegetal de mayor capacidad productora de materia orgánica, convirtiendo la mayor cantidad de energía solar en energía química. Se considera que solo un 24% del peso de la materia seca de la caña, tiene un gran valor comercial, el 76% restante está representado por los residuos agrícolas y de fabricación, el cogollo, retoños tiernos, hojas, bagazo, melaza y cachaza (Celedón M., 1979). La mayor cantidad de los cultivos de caña es destinada para la producción de azúcar comestible y alcohol carburante; en cuyos procesos, según Peñaranda G., Montenegro G., & Giraldo A., (2017), la producción de subproductos se estima que por cada tonelada de caña procesada se obtiene alrededor de 250 kg de bagazo, 30 kg de cachaza, 6 kg de cenizas, 45 kg de melaza y 15 L de vinaza por cada L de alcohol producido.

El bagazo es el mayor residuo del proceso de fabricación del azúcar, panela o alcohol anhidro o etanol, a partir de la caña; es el remanente de los tallos después de ser extraído el jugo azucarado que éstos contienen (Imagen 8), por los molinos de los ingenios azucareros y/o de alcohol; contiene aproximadamente un 49% de agua y un 3,1% de sacarosa o azúcar cristalizables. (Celedón M., 1979). Durante el procesamiento de la caña de azúcar en un rendimiento promedio de 30 % peso/peso de bagazo de caña por caña alimentada a la industria; es decir, por cada 100 toneladas de caña de azúcar alimentada a las industrias en promedio se obtienen 30 toneladas de bagazo con una humedad de 50% o 15 toneladas de

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

materia seca, (Delfín B. & Ramírez, s.f.), constituidos químicamente en promedio por celulosa en un 25 – 45%, hemicelulosa 25 – 50%, y lignina 10 – 30%. (Rodríguez R., Morales R., & Rodríguez G., 2016). El bagazo es utilizado para la alimentación animal, elaboración de abonos orgánicos o principalmente para combustión y producción de electricidad mediante cogeneración, destinada al consumo de la propia industria (Díaz M & Portocarrero R, 2002) Además su composición química lo convierte en un gran potencial de materia prima para la obtención de múltiples productos como pulpa para elaboración de papel y cartón, furfural para la elaboración de fibras textiles como el Nylon e incluso sintetizar para producir ácido láctico con el que se puede elaborar bioplástico PLA (Ácido poliláctico). (Delfín B. & Ramírez, s.f.; Celedón M., 1979; SEO/BirdLife, 2019).

El PLA o ácido poliláctico, es un poliéster alifático termoplástico derivado de recursos renovables, de productos tales como almidón de maíz, tapioca (raíces o almidón) o caña de azúcar; que tienen una degradación en poco tiempo, dejando residuos inocuos como dióxido de carbono, agua, y humus (Giaroli & Maggioni, 2015)

El ácido láctico es muy utilizado en la industria alimenticia (acidulante, saborizante, emulsificante, y conservante), química, farmacéutica (humectantes y pomadas de uso tópico), del plástico (aditivo, agente de terminado, como disolvente en forma de éster), textil, en la agricultura, la alimentación animal, entre otros. Sin embargo, la aplicación más interesante del ácido láctico radica en la posibilidad que ofrece de producir el polímero correspondiente. (Giaroli & Maggioni, 2015)

### ***Control biológico en los cañaverales***

El constante crecimiento demográfico, económico y consumismo mundial, ha impulsado a un creciente ritmo de expansión de cultivos, monocultivos para uso agroindustrial y demanda comercial alimentaria; se extienden por todo el planeta, abriendo nuevos espacios para la agricultura. Tal es el caso de la altillanura colombiana, donde se ha incursionado con nuevos

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

cultivos extensivos, después del tradicional cultivo de arroz y el maíz, hoy se cuenta con grandes áreas en soya, caucho, palma, cacao, sorgo, entre otros; y últimamente, en la zona de Puerto López, se ha incursionado con una gran extensión en cultivos de caña de azúcar (en la Imagen 1 se detalla un ejemplo) para la producción de biocombustible o alcohol carburante (Etanol).

Es bien sabido que los monocultivos implican un aumento de problemas fitosanitarios, aumento en las plagas y enfermedades, tanto nativas como la aparición de nuevas y exóticas. Esto ha ocurrido con los cultivos de caña de azúcar, los cuales son atacados por diferentes plagas. Los insectos-plagas más extendidos y conocidos en Colombia, como son: el barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis* F.), el gusano cogollero (*Spodoptera* sp.) y la salivita o salivazo (*Aenolamia* sp.) (Celedón M., 1979) y últimamente se ha tenido una gran incidencia en la zona con la aparición del barrenador gigante de la caña (*Telchin licus*).

En la agroindustria azucarera, panelera y de alcohol anhidro carburante donde usan como materia prima grandes extensiones de cultivos de caña de azúcar; la *Diatraea* sp., constituye en la actualidad el primer problema entomológico, tanto por los daños directos e indirectos que produce, como por su amplia dispersión geográfica y abundante población (Celedón M., 1979). El daño directo se refleja en los efectos de la alimentación del insecto durante los estadios de larva. Su hábito alimenticio genera pérdidas de masa vegetal por el consumo interno de los tallos, donde construyen galería, por lo general afectando varios entrenudos. En plantas jóvenes, se presenta la ocurrencia del llamado "corazón muerto" o "cogollo muerto", causado por el consumo o deterioro del meristemo apical, identificándose en las plantas por la coloración amarillenta o marchitez del cogollo; reduciendo la población de plántulas y macollas en los cultivos y por ende el TCH (Toneladas de caña por hectárea) (CENGICAÑA, 2017). Los cálculos publicados por el ICA (2016), indican que por cada 1% de daño de entrenudos, se pierde cerca de una tonelada de caña por hectárea al momento de la

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

cosecha; es decir que una intensidad de infestación del 10%, se puede estar perdiendo alrededor de 1.100 kg de producto por hectárea debido a las pérdidas de sacarosa. Las pérdidas indirectas causadas por el barrenador de la caña son la invasión secundaria de microorganismos como hongos, entre ellos *Physalospora tucumanensis*, (ICA, 2016), *Calletotrichum falcatum*, (CENGICAÑA, 2017), responsable del muermo rojo, que afecta la calidad de jugo causando reducciones en el Pol y °Brix, mientras que el porcentaje de fibra aumenta (CENGICAÑA, 2017).

Se puede incluir dentro de los daños indirectos:

- El volcamiento, los tallos son debilitados en su estructura, por donde por efectos de vientos o el mismo peso de la caña, se quiebran o tuercen inclinándose al suelo.
- El laleo o germinación de las yemas laterales, un efecto de sobrevivencia de los tallos, donde, para evitar su completa muerte, provoca que surjan nuevos tallos a partir de los tallos afectados, lo que se les conoce como lalas.
- Menor TCH, ya mencionada pérdida de tonelaje por hectárea de cultivo, a causa de la despoblación de plantas.
- Vector para la entrada de enfermedades y otros insectos como los comejenes.

Es, así pues, se le ha dado una relevante importancia al MIP (manejo integrado de plagas) y el monitoreo de su incidencia (en la imagen 9 fue tomada durante una etapa de monitorio), a lo cual se ha determinado el umbral de daño económico en caña de 4% de intensidad de la infestación (ICA, 2016) a partir de lo cual se calcula la necesidad de aplicar control de la plaga y su respectiva dosificación; en los cuales el mejor método de control, es el control biológico, que es básicamente, hacer uso de los recursos bióticos, de los enemigos naturales de las plagas para que realicen un descenso sobre ellos.

Para Jaime Gaviria (1.981) en su investigación para el control de *Diatraea* en el cultivo de caña, argumenta que "control biológico" es el método que la Entomología aplicada moderna

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

brinda, mediante la utilización científica de los enemigos naturales o parásitos del insecto plaga, como el método positivamente efectivo, práctico y económico de controlar este insecto mayor de la caña de azúcar. Es la estrategia más amigable con el medioambiente para el control de plagas y algunas enfermedades; llegando a ser más económica en compensación, comparándola con las aplicaciones de controles químicos.

Entre los Biocontroladores se encuentran diferentes especies en su ámbito natural, nativos y otros que han sido llevados al laboratorio para su reproducción artificial. Entre estos últimos se encuentran diferentes especies de la familia de los taquínidos (*Paratheresia claripalpis*, *Lixophaga diatraeae*, *Metagonistylum mínense*, *Jaynesleskia jaynesi*, *Lydella minense*) y de himenópteros (*Telenomus sp*, *Trichogramma sp*, *Cotesia flavipes*). (Gaviria, 1.981) Estos insectos Biocontroladores, que se producen en masa en laboratorios biológicos y/o biotecnológicos, son comercializados en diferentes presentaciones, para ser llevados a los cultivos con el problema de los insectos plaga en cuestión.

Hoy en día Bioenergy se consolida como el mayor proyecto agroindustrial para la producción de Etanol de Colombia y el primero en la altillanura, a partir de los cultivos de caña de azúcar; cuenta con 20.082 hectáreas de caña sembradas en el municipio de Puerto López, una planta con una capacidad instalada para producir hasta 504.000 litros diarios de etanol y genera 35MW hora de energía, 19MW hora son entregados a la red eléctrica nacional y el restante abastece la operación de la planta (Bioenergy, 2019). Para conservar la sanidad de sus cultivos respecto a la *Diatraea sp* o Barrenador de la caña, la compañía constituyó su propio laboratorio o Biofabrica de Control Biológico (Imágenes 5 y 6), para producir y liberar en campo; adoptando ciclos de control con *Cotesia flavipes* para el control de larvas, *Trichogramma exiguum* que controla las posturas (huevos) (en la imagen 7 se detalla estos dos insectos parasitoides). Además del uso de microorganismos entomopatógenos como los hongos *Metharrizium Anisopliae*, *Neumoraea Rileyi* y *Bacillus Thuringiensis* (Bioenergy S.A.S.,



## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

2018). Cada insecto parasitoide es envasado y distribuido en unas cantidades adecuadas ya establecidas, en empaques individuales para la dosificación (imágenes 2 y 6) en campo de acuerdo a los resultados de infestación encontrados en las evaluaciones periódicas.

La avispa *Cotesia sp*, en la mayoría de los productores nacionales, es empaquetada en vasos desechables de plástico (polipropileno), en forma de copos o cocones (pupas o crisálidas de las avispas) (ver imagen 5), y ya a término de eclosionar o recién eclosionadas, son llevadas a campo para ser liberado el parasitoide en los cultivos (ver imagen 2 y 3). El vaso por lo general se queda en el cultivo (ver imagen 4). Esto representa un cierto impacto ambiental, un foco de contaminación, al utilizar polímeros sintéticos, los cuales no son biodegradables, es decir, que la naturaleza (microorganismos o medio ambiente) no son capaces de descomponer la materia, quedando partículas suspendidas en el suelo y otras arrastradas por los efectos de las lluvias a diferentes causas hídricas. Otros parasitoides pueden ser empacados en otros envases, como cajitas de cartón o papel parafinado.

### **Celulosa**

La celulosa es el principal polímero estructural de las plantas, constituyendo el esqueleto vegetal; sus fibras están básicamente compuestas por celulosa (alfa-celulosa y beta-celulosa) y hemicelulosa. Las leñosas tienen además lignina, pectinas, trazas de resina, taninos, carbohidratos y ceras. Tiene una función parecida a las proteínas en los animales que constituyen huesos, músculos, tejidos, etc. (Santin, 2011, pág. 167). El término celulosa en el campo industrial se ha utilizado históricamente como sinónimo de pulpa, que es el producto resultante de separar los elementos constitutivos de los tejidos vegetales dejando libre una gran proporción de fibras, sin el agregado de ningún otro componente (Núñez, 2008, pág. 5) en especial, separando la mayor cantidad de lignina posible; puesto que este componente en las plantas se comporta como un cemento entre las fibras celulósicas, otorgando permeabilidad, resistencia y rigidez a las paredes celulares, evitando la degradación de la celulosa.

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

Dependiendo del tipo de árbol, la lignina representa del 15 al 30% aproximadamente, del 15 al 25% en árboles frondosos y del 23 al 33% en árboles resinosos (Santin, 2011, pág. 173).

En la fabricación del papel se intenta eliminar lo máximo posible la lignina para liberar la celulosa, además que inhibe la creación fácil de puentes de hidrógeno, haciendo perder la resistencia mecánica y de tracción de un papel, sumado a que le afectan agentes exteriores como la luz y la oxidación, provocando en el papel acidificación, amarillamiento, fragilidad, quebradizo y opacidad (Santin, 2011, pág. 173). Por ende, la gran necesidad de aplicar procesos en que se logre retirar la mayor cantidad de lignina de las fibras, permitiendo obtener una celulosa más limpia; para lo cual existe gran cantidad de bibliografía e investigaciones que tratan esta problemática, buscando la eficiencia en un mayor aprovechamiento de las fibras, para obtener pulpas más limpias, puras y blancas, con el menor impacto ambiental, energético y económico posible. Existen diferentes procesos y métodos para liberar celulosa a partir de fibras vegetales, de árboles y de no maderables (algodón, cáñamo, caña de azúcar, etc.), de acuerdo a la calidad y necesidad requerida. Básicamente se pueden agrupar en tres tipos de procesos: mecánico, químico y semi-químico.

### ***Pasta mecánica***

Es el proceso más antiguo en la producción de pulpa, la cual consiste básicamente en reducir por astillado, trituración y molienda, gran parte de la biomasa a partículas pequeñísimas, mediante aplicación de fuerzas mecánicas que desgarran y rompen la estructura, obteniendo fibras celulósicas largas, pero recubiertas de lignina únicamente ablandada por el procedimiento, lo cual proporciona los rendimientos de pulpa más altos, entre 90 al 95% por lo que en ocasiones se le denomina pulpas de alto rendimiento. Se conocen esencialmente por este método los molinos de piedra y de refinador o de disco mecánico. Las pastas obtenidas por este método, son de baja calidad, opacos, poco resistentes, fácilmente se amarillean; por lo cual se emplean para la fabricación de cartones y papel periódico (Santos M,

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

2017; Textos Científicos.com, 2005; Santin, 2011).

### ***Pasta química.***

Reúne las pulpas obtenidas por procesos en los que se usan sustancias químicas para disociar la celulosa de la lignina y otros elementos extraños. En Santin (2011) se resume los más utilizados: “Los reactivos empleados pueden ser ácidos (bisulfito de calcio, magnesio, amonio o sodio) o alcalinos (sulfato de sodio, cal, proceso Kraft), siendo los métodos de sulfato o Kraft y bisulfito los más extendidos”, junto con el sometimiento a variaciones de temperatura, entre 120 a 170°C, y elevadas presiones, se obtienen pasta con rendimientos son mucho más bajos que el mecánico, entre el 45 y 55%, pero mucho más resistentes y con procesos de blanqueado, son usados para la elaboración de papeles finos, de imprenta y escritura.

### ***Pasta semi-química.***

Es una variación de los procesos químicos con el objetivo de aumentar el rendimiento del pulpado, en un 65-75%, con la aplicación de dos pasos, uno mecánico y otro químico; la etapa química para debilitar las uniones de la fibra leñosa y finalmente el proceso mecánico arroja una pulpa menos pura que en las pastas químicas. Si la energía química es la principal en el proceso, se le denomina semiquímicas y si lo es la mecánica se denominan quimimecánicas o mecanoquímicas (Santin, 2011; Núñez, 2008).

### ***Pasta por otros procesos.***

En la búsqueda de mejorar los resultados, rendimiento, economizar en reactivos, energía, tiempo y especialmente reducir el impacto ambiental, se han propuesto otra cantidad de procesos alternos, algunos de ellos aun en etapas de estudio, otros no tenidos en cuenta por el costo económico. En el trabajo realizado por Santos M. Tamara (2017) describe los más destacados, pero reconsidera la necesidad de estudiar el tipo de materia prima a tratar, para determinar cuál método es más efectivo, puesto que cada uno tiene asociado sus pros y contras:

#### **Métodos por irradiación:**

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

Es un método complementario usando las ondas de los rayos gamma, el haz de electrones o la radiación microondas, para incitar la reacción química e incentivar el movimiento de moléculas por ondas o por aumento de calor.

### **Tratamiento con líquidos iónicos:**

Se usan líquidos considerados disolventes de diseño, pues se componen de un catión orgánico y un anión inorgánico, los cuales se pueden modificar las propiedades de acuerdo al ion seleccionado. Disuelven diferentes materiales lignocelulósicos, con una estabilidad térmica y presión despreciable, obteniendo celulosas más cristalinas; pero con la desventaja económica del costo de reactivos y el proceso de recuperación de los mismos.

### **Tratamiento con disolventes orgánicos:**

También denominado organosolv, se usa disolventes como metanol, etanol (este se encuentra con más detalle en González & et. al, 2004), acetona, etilenglicol o el glicerol, como disolvente de la lignina, la cual se puede recuperar y aprovechar, al igual que el disolvente utilizado.

### **Deslignificación oxidativa:**

Se usan agentes oxidantes agentes oxidantes como  $O_3$ ,  $O_2$ ,  $H_2O_2$ ,  $ClO_2$ ,  $NaClO$  o  $Cl_2$ ; los cuales liberan la lignina en forma de ácidos descartados por inhibición. Es necesario hacer un blanqueo a las pulpas y una alta inversión en reactivos.

### **Tratamiento por explosión de vapor:**

Es más frecuente en el que se aplica un cambio brusco de presión y aumento de temperatura en corto tiempo, con la aplicación de vapor. Es necesario equipos costosos y adoptar procesos de inhibición de los subproductos de la lignina.

### **Tratamiento hidrotérmico o hidrólisis térmica:**

Este tratamiento descrito también en el trabajo de grado de Rivera, H. (2018), y denominado como autohidrólisis (Santos M, 2017, pág. 54), es el más atractivo por ser más

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

amigable con el medio ambiente, al no necesitar reactivos químicos y por ende más económico; puesto que usa únicamente como disolvente, el agua y un aumento de temperatura y presión.

### **Tratamiento por Explosión con CO<sub>2</sub>:**

En el que la estructura de la biomasa es alterada por la acción del bióxido de carbono a altas presiones, pero con una relativa temperatura baja, desprendiendo ácido carbónico, el cual ayuda al hidrolisis de la hemicelulosa.

### **Tratamiento con amoníaco:**

Es un tratamiento químico en el que se usa amoníaco líquido, a alta temperatura y en ocasiones con alta presión o por percolación, donde el amoníaco es fácilmente recuperable.

### **Biopulpaje (UDELAR, s.f., pág. 9) o tratamiento biológico:**

Consiste en el uso de hongos que tienen la capacidad de liberar ciertas enzimas altamente oxidativas que degradan a la lignina. (Santos M, 2017, págs. 45-53).

Aun se continúa con investigaciones y ensayos para lograr encontrar el proceso más adecuado, con el menor impacto ambiental posible, lograr un producto lo más ecológico posible, eliminando el uso de químicos de gran impacto y materias primas alternas que protejan los bosques. Es el caso presentado y patentado por el ingeniero Jorge Humberto Borrero, presentando una sal que reemplaza los reactivos químicos de la cocción de las fibras vegetales (como las hojas de la caña de azúcar) para la obtención del pulpado, llamado sal de Moore, (Colombiano crea papel con residuos de caña de azúcar, 2012).

### **El bagazo de la caña de azúcar (como materia prima)**

El mayor residuo del proceso de fabricación del azúcar, panela y alcohol anhidro o etanol, usando como materia prima la caña de azúcar, es el bagazo; el remanente de los tallos después de ser extraído el jugo azucarado, por los molinos de los ingenios azucareros y/o de alcohol; contiene aproximadamente un 49% de agua y un 3,1% de sacarosa o azúcar

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

cristalizable. (Celedón M., 1979). En promedio se obtienen 30 toneladas de bagazo con una humedad de 50% o 15 toneladas de materia seca, por cada 100 toneladas de caña de azúcar alimentada a las industrias (Delfín B. & Ramírez, s.f.). Para el ingenio Mayagüez (2013) citado por Cury R, *et al.* (2017) por cada tonelada de tallos que ingresan al proceso de transformación agroindustrial, se generan 250 kg de bagazo, 30 kg de cachaza, 6 kg de cenizas y 45 kg de melaza; además, por cada litro de alcohol anhidro producido a partir de la meladura se generan 13 hasta 15 L. de vinaza.

El bagazo está constituido químicamente en promedio por celulosa en un 25 – 45%, hemicelulosa 25 – 50%, y lignina 10 – 30%. (Rodríguez R., Morales R., & Rodríguez G., 2016) con lo que convierte el bagazo en un gran potencial de materia prima para la obtención de múltiples productos como pulpa para elaboración de papel y cartón, furfural para la elaboración de fibras textiles como el Nylon; incluso con su descomposición para producir ácido láctico se puede elaborar bioplástico PLA (Ácido poliláctico). (Delfín B. & Ramírez, s.f.; Celedón M., 1979; SEO/BirdLife, 2019). Teniendo así las alternativas para la elaboración de empaques e incluso otros recipientes, completamente biodegradables, mucho más amigables con el medio ambiente.

### **Aprovisionamiento**

La Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia, ASOCAÑA, (2019) en su informe anual, reporta que en el 2018 el aumento del área cosechada en Colombia, permitió alcanzar la molienda más alta de la historia con 25 millones de toneladas de caña, un 2,7% más que en 2017. El área cultivada y cosechada con destino a la producción de azúcar y Bioetanol en Colombia para el 2018 fue de 238.134 hectáreas. La estimación que proyecta el presidente de Bioenergy (planta de producción de etanol más grande de Colombia), Walfredo Linhares, es llegar a producir 100 millones de litros de etanol en la zafra 2021 y 2022; para lograr ese objetivo, dice Linhares “el cultivo (de caña de azúcar) tendría que ser de entre 22.000

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

y 23.000 hectáreas, que representan una expansión importante...” (Rodríguez F., 2019).

Para la zafra 2016-2017, Bioenergy produjo 2.321.000 litros de alcohol carburante, para lo cual se molieron 41.880 toneladas de caña (Bioenergy S.A.S, 2017). Es decir, que se tendría una producción bruta de bagazo de aproximadamente de 6,25 millones de toneladas a nivel nacional y para el caso centralizado de Puerto López, se contaría con una producción de alrededor 10.500 ton de bagazo. Una buena cantidad de materia prima para la producción de elementos más ecológicos y biodegradables, como es el papel, cartón, recipientes desechables, etc.

Teniendo en cuenta al compendio realizado en una investigación de la Junta Latinoamericana de Expertos en la Industria de Papel y Celulosa, con la colaboración del Banco de Fomento Agrícola e Industrial de Cuba (NU. CEPAL, 1954), para recopilar información sobre el posible y potencial abastecimiento de bagazo en seis países latinoamericanos, como materia prima para la elaboración de celulosa y fabricación de papel; se concluyó que cuando se trata de ingenios que sólo producen alcohol, (*como es el caso de Bioenergy*), de capacidad relativamente pequeña, se puede disponer de un 40% a 50% de bagazo libre. Es decir, fuera del usado por la planta para el suministro de energía por cogeneración para su propio consumo.

### **Antecedente**

Sabiendo que, desde hace más de un siglo, se usa el bagazo de caña para la elaboración de papel, aproximadamente desde 1884 en Europa y se tiene como primeros indicios del uso del bagazo en América Latina en fábricas de papel desde 1908, en Brasil (NU. CEPAL, 1954). Más tarde en 1929 en Argentina se desarrolla con mayor éxito la obtención de celulosa, frente a los intentos fallidos en 1900 en Estados Unidos donde se inició la elaboración en escala industrial, desistiendo por la mala calidad del papel; en forma similar paso con otra compañía en 1903, otra fábrica en Cuba en el año 1915, en de Luisiana en 1917, entre otros

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

intentos, pero sin lograr tratar el bagazo con éxito (Irigoyen, 1941, pág. 82).

Para el caso colombiano, el uso del bagazo de caña de azúcar para la producción de las diferentes formas de papelería (papel imprenta, papel periódico, cartón, etc.) fue desarrollado por la empresa hoy conocida como Propal perteneciente a la multinacional Organización Carvajal S.A.; en 1957 bajo la supervisión de la compañía norteamericana W.R Grace and Co fundó Pulpaco (Pulpa y papeles colombianos) más tarde en 1961 pasó a llamarse Productora de Papeles S.A., Propal. (PROPAL, S.f.).

### **El envase propuesto**

Considerando estos antecedentes y el potencial que tiene el bagazo, así como los otros subproductos derivados de la industria de etanol a base de caña de azúcar, surge la idea de proponer una alternativa, para elaborar unos recipientes completamente biodegradables que puedan desplazar el uso de vasos desechables de polipropileno, en el transporte y liberación de biocontroladores, enemigos naturales de plagas que atacan los cultivos, enfocándose principal en el uso de *Cotesia* para el control de *Diatraea sp*, en los mismo cultivos de esta agroindustria, desarrollada en el laboratorio biológico o Biofabrica de la misma compañía.

Como se describió en apartados anteriores, las posibilidades de desplazar el plástico y otros sintéticos y derivados del petróleo, que por décadas hemos generado, contaminando el planeta; por un producto elaborado a partir de los subproductos de la industria azucarera y de destilación de alcohol a base de caña de azúcar. Son varias las probabilidades y el potencial que se tiene, por ejemplo obtener furfural a partir del bagazo para la obtención de nylon y plástico (Residuos Profesional, 2015), aislar y recuperar las resinas, ceras y la lignina, para la elaboración de aislantes o emulsificante y elaboración de esteres, Meadol (liquido termoplástico y agente para resinas termoreactivas) y plástico (Mondelli, 1943); la obtención de PLA (Ácido Poliláctico) a partir de fermentación láctica, del bagazo, la vinaza, las melazas o las mieles, obteniendo la materia prima para los bioplástico PLA (Giaroli & Maggioni, 2015; Rodriguez R.,



## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

Morales R., & Rodriguez G., 2016; Rolz A., 2011; Bolivar & Lopéz, 1994). Finalmente, el gran interés que se ha tenido en numerosos trabajos e investigaciones para el aprovechamiento de las fibras del bagazo, como celulosa, para la elaboración de pastas para papel para imprimir, papel de embalaje, cartón corrugado y para empaque; para tableros de fibra prensada, tableros conglomerados, etc. (Celedón M., 1979, pág. 125).

La propuesta que se hace en este trabajo, es tomar uno de los procesos que se realizan para la obtención de pasta de celulosa para la fabricación de papelerías o cartón, a partir del bagazo de caña de azúcar resultante de la destilería, el método artesanal y económico, para elaborar los envases biodegradables que podrían reemplazar los vasos desechables usados para la liberación de insectos parasitarios biocontroladores de plagas en los cultivos, y dejar abierta la posibilidad de impermeabilizar el envase para que pueda contener líquidos, desplazando incluso los vasos y otros utensilios desechables de consumo humano.

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## Método

Queda claro de los apartados anteriores que cuando hablamos de celulosa, es la materia prima para la elaboración de pastas (pulpas con agregados, cargas, encolantes, etc.) para la industria papelera, de cartones, empaques y sus diferentes aplicaciones. Pues bien, retomando este concepto y acogiendo el proceso que por décadas, desde los 50's, ha venido realizando la fábrica PROPAL, produciendo diferentes gamas de la papelería para el abastecimiento en Colombia y otros países, sin la tala de arboles (PROPAL, S.f.); fue de donde surge la idea a adoptar para generar un empaque para envasar insectos biocontroladores, tomando como materia prima el bagazo residual resultante de la planta de destilación de Etanol de Bioenergy (Imagen 8), ubicada en el municipio de Puerto López, departamento del Meta; eliminado así el uso de vasos desechables de polipropileno que se usan actualmente en la Biofabrica de la misma compañía, en los cuales se deposita las avispidas (*Cotesia flavipes*) para llevar a campo (Imágenes 2 a 6) y controlar el barrenador de la caña (*Diatraea sp*) en los cultivos de caña de azúcar, también de la misma compañía y de otros proveedores.

## Elaboración

La bibliografía consultada, textos y videos encontrados en la Internet, se encuentra que convencionalmente para la elaboración de papel artesanalmente con fibras naturales, es habitual hallar que se aplica métodos de pulpeo semiquímico o químico-mecánico, usando como hidrolizante el hidróxido de sodio, (conocido comercialmente como soda caustica) para la separación de la celulosa de los demás componentes de los tallos y hojas, en especial para retirar la lignina; además se usa soluciones cloradas para el blanqueo de las pulpas, lo que genera un foco de contaminación por los vertimientos de estos dos reactivos. Por ello se piensa adaptar un método mecánico, para obtener la pasta, sin el uso de químicos, aprovechando los recursos ya disponibles o de menor costo.

***Fabricación manual de papel/cartón artesanal.***

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

En la practica el procedimiento para la elaboración del recipiente se hizo en casa, de manera rudimentaria y económica, con los recursos que se tienen a la mano. A continuación, se hace una descripción del procedimiento de fabricación de cartón de manera que se pueda hacer en un taller dotado con algunos equipos.

## **Materiales**

- Materia prima (Fibras vegetales)
- Soda caustica para la deslignificación
- Fuentes de agua para diluir y el lavado
- Recipiente en acero o cobre para lo cocción del bagazo
- Recipientes grandes para las mezclas de la pulpa
- Bastidores y enmallado como molde del papel/cartón
- Mesas o mesones para el moldeo de papel/cartón
- Toallas o telas absorbentes como capa de fieltro

## **Equipos**

- Transporte para el bagazo
- Estufa grande o industrial para la cocción
- Licuadora industrial o digestor para desintegrar las fibras
- Batidoras industriales o similar para la homogenización de la pasta
- Prensa hidráulica
- Secador u horno para acelerar la evaporación de la humedad del papel/cartón
- Equipo formador de vasos (opcional)

## **Materia prima.**

La celulosa bilógicamente es el componente estructural de los vegetales, en el campo industrial se ha utilizado como sinónimo de pulpa, que es el producto resultante de separar los elementos constitutivos de los tejidos vegetales dejando libre una gran proporción de fibras,

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

(Núñez, 2008, pág. 5), separando en especial la mayor cantidad de lignina posible, puesto que este componente, otorgando permeabilidad, resistencia y rigidez a las paredes celulares; podemos asumir que cualquier fibra vegetal sirve como materia prima para obtener celulosa (Santin, 2011; Oleas, s.f.) para elaborar papel artesanalmente; por lo tanto el primer paso para la elaboración de papel manualmente, es la selección de la materia prima, libre de impurezas, de minerales y cualquier otro contaminante, sea químico u orgánico en descomposición.

Este trabajo se basa en el uso del bagazo residual de caña de azúcar, resultante del proceso de destilación de alcohol de la planta de Bioenergy como materia prima, el cual se podría obtener preferiblemente de la banda transportadora que parte del 5° molino (ver imagen 8) hacia la bagacera o hacia la caldera donde es quemado, proporcionando por cogeneración energía eléctrica para el propio funcionamiento de la planta. Este bagazo sale con una humedad promedio entre un 49 a un 52% después haber extraído al máximo los jugos y los líquidos de imbibición (Bioenergy S.A.S., 2018; Celedón M., 1979).

De lo contrario se recolecta de la bagacera, que es un hangar de acopio donde se almacena bagazo sobrante para mantener las calderas activas en momentos de que los molinos se encuentren fuera de servicio.

El proceso para llevar a cabo el proyecto se contempla poderlo desarrollar en un taller, un sitio con suficiente espacio para tener la materia prima, equipos y materiales, y el campo para poder realizar las actividades que se describe a continuación:

### **1) Cortado**

Este paso se indica para otras materias primas donde es necesario reducir el tamaño a menos de una pulgada y rajarlas si es muy gruesa (Oleas, s.f.); para nuestro caso, el bagazo ya ha pasado por este proceso al haber pasado por la picadora, desfibradora y las masas de los molinos de la fábrica.

### **2) Cocción**

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

Es éste el paso en el cual la materia vegetal es sometida a altas temperaturas para eliminar las sustancias resinosas y la lignina (Garnica G., Arias R., Ruiz, & Sanz M., 2007) con ayuda de un hidrolizante se libera la celulosa, produciendo un hinchamiento y ablandando del material, posibilitando la ruptura, lo que favorece el enlace de las fibras (Delfin B. & Ramirez, Sin fecha). Para ello, en un recipiente resistente a la corrosión, que no sea de aluminio, puede ser de acero inoxidable, bronce o barro, se pone al fuego adicionando la materia prima, la soda caustica y agua; en una proporción de 3 onza de soda por cada 500 gr de materia prima seca en aproximadamente 5 a 6 litros de agua, durante una constante cocción a punto de ebullición, revolviendo constantemente 1 a 1 ½ hora, hasta obtener una pasta suave, donde los trozos puedan ser desechos con los dedos (Oleas, s.f.).

“La sosa cáustica puede ser sustituida por cenizas, es menos tóxico. La cantidad aumenta, ya que el concentrado (química del producto) es diferente. Funciona bien la ceniza de cerezo, encina o parra; la de maderas blandas no es conveniente.” (Garnica G. *et al.*, 2007).

### **3) Lavado**

Luego de obtenido el punto de cocción del material vegetal, se deja reposar la pasta resultante para realizar un enjuague sobre un colador, para retirar los excesos de reactivo sin perder la fibra, obteniendo un escurrimiento de agua más cristalina. Es necesario comprobar el pH para acercarlo lo más posible a neutro, para mejorar la calidad del papel resultante (Garnica G. *et al.*, 2007).

### **4) Blanqueado de la pasta**

De acuerdo al uso requerido del producto final (papel o cartón), el empaste conseguido, se puede o no someter a un blanqueado de las fibras, por lo general es común el uso de soluciones cloradas, las cuales no son recuperadas y son vertidas llevando residuos de cloro a las fuentes hídricas, pues la pasta debe ser lavada para retirar los residuos del reactivo, el cual deteriora el papel. También se puede realizar el blanqueado con la reacción del oxígeno, es

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

decir usando reactivos como el agua oxigenada o el peróxido de hidrogeno (Garnica G. *et al.*, 2007).

Para el caso en cuestión, no es necesario parar por este paso de someter la pasta a un blanqueo, el color natural obtenido (marrón-crema) no repercute en el uso final.

### **5) Desintegrado de la fibra**

La masa lavada obtenida es necesario desintegrarla (desmenuzarla), para tener una pulpa con partículas de fibra más pequeñas y uniformes, con lo que se obtiene un papel flexible y de una textura suave (Oleas, s.f.). Con el uso de una batidora o una licuadora se agrega agua y se tritura la pasta hasta obtener una crema suave no demasiado espesa (Garnica G. *et al.*, 2007).

### **6) Moldeado**

La crema resultante se lleva a un recipiente ancho (una tina de plástico) o un estanque poco profundo, adecuado para disolver en agua y agregarle un encolante, como colbón (a razón pasta y colbón 1:1) o almidón (por cada libra de pulpa, 5 cucharadas de almidón), con el fin de ayudar a la adherencia de las fibras y el llenado de espacio en la lamina (Garnica G. *et al.*, 2007; Oleas, s.f.).

Hay que disolver enteramente la pasta en agua y mantener constante la agitación de esta solución, puesto que la pasta es densa y se precipita. Teniendo las fibrillas de la pasta y demas agragados, disueltos y en suspensión en el agua, se introduce un bastidor, cedazo o marco provisto de un enmallado o tamiz muy fino, junto con un molde (marco) removible, para dar forma y retener las fibras que van a componer el papel. Se sumerge en una posicion vertical y luego se inclina horizontalmente para recoger la pasta, se levanta lentamente con pequeños movimientos, lado a lado, al frente atrás, para entrecruzar las fibras y ayudar a evacuar el agua sobrante. Cuando se evidencie el minimo de goteo de agua se retira el molde, se lleva a un mezon provisto de un fieltro (tela absorbente o similares), donde se volcara el

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

cedazo y se presionara con una espuma o trapo absorbente, retirando excesos de agua y fijando la hoja al fieltro, con lo cual se podra retirar el cedazo (Garnica G. *et al.*, 2007).

### **7) Prensado**

Para compactar las fibras de la hoja elaborada, dándole más consistencia, forma dureza, flexibilidad y retirar el exceso de humedad, es necesario presionar las hojas o llevarlas a un prensado. Lo ideal es hacer un acumulado de hojas, apilando varias, separadas por paños o telas, en un máximo de 20 hojas; se llevan a una prensa por un tiempo considerable (puede ser necesario alternar el orden de las hojas en la pila y prensar nuevamente), dependiendo la capacidad de la prensa, o aplicando peso prensando las hojas en medio de tablillas (Oleas, s.f.).

### **8) Secado**

Terminado el periodo de prensado, las telas se separan para dejar secar completamente las hojas, ya sea, tendidas en una superficie lisas y esmaltada (para un acabado más fino y brillante) o colgando las telas en una cuerda para que se ventilen al aire libre. Cuando este la hoja completamente seca, se podrá retirar la tela o fieltro con cuidado y tener el resultado final, que puede ser planchado o nuevo prensado para corregir errores de pliegues o dobleces (Garnica G. *et al.*, 2007).

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## Procedimiento

Adaptando los procesos descritos anteriormente, y los desarrollados en otros talleres y microempresas como lo hace la fundación de San Lorenzo en el municipio de Barichara (Santander), donde hacen papel artesanal de diferentes fibras naturales, en especial de fique (FANTASTIC WORLD BYANGELO, 2016); buscando economía y el uso de los recursos disponibles, se ejecutó el proyecto a pequeña escala en casa, para presentar el prototipo de envase y poner a consideración su aplicabilidad y viabilidad. A continuación, se describe la actividad desarrollada para un envase a partir del bagazo de caña usando lo que usualmente se tiene a la mano en la casa. Más adelante se describe una prueba para obtener la pulpa de bagazo usando unos equipos de la planta de Bioenergy. Finalmente, como se dio forma a los productos para presentar un recipiente (vaso) biodegradable para el uso en la biofabrica en el empacado de las avispidas de *Cotesia* para ser llevadas a los cultivos, sin el riesgo de contaminación.

## Materiales usados

Los materiales usados son básicamente los mismos solo que de menor dimensión cuantía, (ver imagen 10) un poco de bagazo, soda caustica en escamas que usan en algunos talleres de mecánica o en productos de aseo y piscinas, una licuadora normal ojala con un vaso que no se use para alimentos puesto que pueden quedar residuos químicos, coladores y tela de filtro, colbón para pegar papel, blanqueador hipoclorito de sodio, una cubeta ancha, un marco con la silueta o molde de la forma del papel que se desea (se hizo un marco para una hoja tamaño oficio, un molde con la silueta de un vaso de 7 oz., y otro molde para hacer sobres) un bastidor o marco de madera con anjeo o mosquitero metálico (ver imagen 11). Además, se usó algunos limpiones, agua de grifo, para prensar solo se contó con una tabla y un par de piedras que le hicieran peso, y el secado al aire libre a la sombra, pensando en evitar que las hojas se pudieran amarillar.



## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

### ***Paso a paso***

1) Se usó aproximadamente 200 gr de bagazo, 50 gr de soda caustica, se adicionó agua y se puso al fuego en una fogata al aire libre para evitar acumulación de vapores y gases tóxicos, revolviendo ocasionalmente durante aproximadamente 2 horas (ver imagen 12). Se tuvo problemas en el punto de ebullición puesto que la soda caustica reacción, aumentando el volumen de la “sopa”.

2) A cabo del tiempo se comprueba la consistencia del bagazo, en forma de crema espesa y grumosa; tomando una pequeña porción entre los dedos y presionándola con la yema verificando que las fibras se desintegren con facilidad, punto en el cual esta lista la pulpa para procesar.

3) Se dejó reposar la pulpa para evitar quemaduras para enseguida hacer un lavado con abundante agua retirando la mayor cantidad de soda posible, con ayuda de un colador y una tela para recuperar las pequeñas fibras que pudieran pasar por el colador.

4) Una vez que se consiguió tener un agua de lavado relativamente limpia o cristalina, visualmente libre de químicos, se procede a triturar las fibras con ayuda de una licuadora convencional, y poca agua, hasta obtener una crema mucho más suave. En este momento se le adiciono el aglomerante, una pequeña parte de colbón, aproximadamente dos cucharadas.

5) Después de licuado, ya se tiene la pasta de celulosa para elaborar el papel. Si se desea un papel/cartón más blanco, la pulpa se somete al blanqueamiento en una solución de hipoclorito u otro reactivo blanqueador; luego tendrá que someterse nuevamente a un lavado (ver imagen 13). La pasta se disuelve con suficiente agua, que no quede ni muy espesa (hojas gruesas) ni muy diluido (hojas muy delgadas y frágiles), en un recipiente poco profundo, ancho de tal manera que se pueda sumergir completamente el bastidor (marco con el anjeo) y el marco con el molde de la figura del papel a obtener.

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

6) Este “jugo” de celulosa debe ser removido al momento de introducir los marcos, para que, al momento de retirarlos de forma horizontal, se sienta la suficiente cantidad de pasta formando una película homogénea. Los marcos se elevan suavemente, dejando escurrir el exceso de agua por las orillas; al conseguir la capa deseada de pasta por fuera del recipiente, se ladea levemente los marcos para un lado y otro, ayudando a evacuar el agua y a que las fibras se entrelacen. La pasta queda adherida al anjeo pudiendo poner a escurrir sin problemas con los marcos verticalmente.

7) Cuando ya haya escurrido la mayor cantidad de agua, se puede retirar el marco con el molde y sobre un mesón o mesa sin irregularidades en la superficie, con ayuda de un paño absorbente, se presiona la lámina del nuevo papel para extraer la mayor cantidad de agua. Se vuelca el marco, dejando la lámina de papel sobre un lienzo, tela o paño absorbente, con lo cual el bastidor puede retirarse dejando el papel sobre la mesa.

8) En lo posible es hacer varias láminas de papel, amontonarlas una encima de la otra y poderlas prensar para extraerle mayor humedad, darle consistencia y lisura al papel. En este caso, solo se sacaron tres hojas y se aprisionaron con una tabla y peso encima (piedras).

9) Luego de tener las láminas presionadas por una noche, se separaron cada una en su respectivo paño para ponerlas a secar al medio ambiente

### **Alternativa de elaboración de papel/cartón**

Tomando el principio de pulpado mecánico o celulosa mecánica, donde no se usa reactivos químicos para degradar la materia prima, sino procesos mecánicos como el molino o la pila holandesa (Santin, 2011) separando así las fibras, obteniendo un alto rendimiento en la obtención de celulosa para la elaboración de papel, aunque de baja calidad.

Obteniendo la materia prima, que es el bagazo residual de la fabricación de etanol a base de caña de azúcar; este al ya haber sido sometido a un proceso de triturado y

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

aplastamiento para extraer el mayor contenido líquido azucarado de sus tallos, tiene la consistencia o tamaño para obtener una pasta rústica y poco resistente. Por lo cual se propone haciendo uso de los recursos disponibles en la planta o de bajo costo, para tratar este bagazo y obtener unas fibras más pequeñas y una pasta más suave; es decir, desmenuzar la materia prima con el uso de un desintegrador de fibras en húmedo o en su defecto una licuadora industrial.

Obtenida la pasta por este modo, se salta directamente al paso del desintegrado de la fibra ([numeral 5](#) página 33) descrito anteriormente, pero en este caso se usa un desintegrador húmedo o desintegrador de bagazo, el cual termina de desmenuzar la fibra y tener una especie de pulpa mecánica, con la que se puede trabajar de la misma manera que con el pulpado químico, solo que así se consigue un papel más áspero y quebradizo, frágil para los dobleces; por lo cual antes de someterlo al secado será necesario moldear y dar la forma que se pretende obtener, que para el caso en cuestión es la de elaborar un recipiente para envasar pequeños insectos.

### **Fabricación de los recipientes.**

Como es de suponer el material usado para la elaboración de los recipientes propuesto, son las hojas obtenidas en uno de los procedimientos anteriormente descritos. Para las hojas obtenidas por el primer procedimiento se tiene dos opciones:

- a) *Modo manual:* Al momento de formar la hoja en el cedazo o bastidor (marco con el anjeo), se usa un molde con la silueta del recipiente a elaborar (ver Imagen 11.C), podría ser la forma cónica para hacer un vaso o la silueta del molde para hacer un cubo. Luego de secados, estas siluetas se ensamblan con el uso de gomas o pegantes para sujetar los bordes y tener la forma del recipiente.
- b) *Modo automático:* Para un desarrollo industrial o microempresaria. El ensamblaje o formación de los empaques se podría hacer con una máquina especializada en este

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

trabajo, a la cual se alimentará con el papel/cartón obtenido y la maquina se encargará de lo demás (en el Anexo se puede encontrar la descripción de un equipo con estas cualidades). Lógicamente esta incurrirá en mayor inversión y exige una mayor calidad de papel.

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## Resultados

Después de ejecutados los dos procedimientos (con soda y con el desintegrador) consignados en el apartado de desarrollo de este proyecto, se obtuvo pastas relativamente parecidas en apariencia, pero como era de esperarse, la obtenida por el método semiquímico (con soda caustica) es más suave, de lo cual, las láminas logradas son más maleables que las resultantes por el método mecánico (con desintegrador).

Se hicieron pruebas para elaborar vasos con pastas de ambos métodos, pero el ensamble fue dispendioso para hacerlo manualmente, por las condiciones del material, aunque con el molde con la silueta de un vaso no fue necesario realizar cortes, el problema surgió para poder unir los extremos. Para el caso del método semiquímico, se usó colbón de carpintero para unir los extremos y la base, además se le agregó un poco de la pulpa obtenida, luego se dejó secar. Se obtuvo el modelo asemejando las dimensiones del vaso desechable de 7 onzas que se usa en la Biofabrica (ver imágenes 14 y 15), aunque más rústico o tosco, con el acabado rugoso, poco uniforme; además, para presentar un sellado o sierre al recipiente es necesario usar una tapa, al no tener la facilidad o el método para elaborarlas con el mismo material, se usó una de estas tapas plásticas de los vasos desechable (ver imagen 16).

También con esta pulpa se elaboró otros moldes, (Imagen 11) presentando otras alternativas aplicativas del papel/cartón elaborado con el bagazo de caña, solo que, al ser de elaboración artesanal, su servicio es más decorativo, como un detalle especial, por ejemplo, se elaboró unas tarjetas, un sobre para las mismas tarjetas o una carta elaborada en uno de los papeles tamaño oficio (ver imagen 17).

En la imagen 18 se puede mostrar el proceso de transformación y aprovechamiento, como a partir de los cultivos de caña de azúcar, los tallos son exprimidos para disponer de sus jugos en diferentes formas y convertidos en bagazo, este se convierte en la materia prima para obtener celulosa o pasta para elaborar papel y cartón, que finalmente son transformados en

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

diferentes productos.

En cuanto al vaso hecho con la pulpa mecánica fue más complicado por lo quebradizo que resulta la hoja con esta pasta. Pero el resultado final fue similar al elaborado con la pulpa semiquímica.

Finalmente, el resultado esperado no cubre las expectativas como recipiente para el envasado de insectos para el control biológico, como es la avispa *Cotesia*. Pese a que su forma, ya sea el vaso o la caja, tienen un tamaño adecuado, facilitando el transporte y distribución en campo, además la porosidad y textura del papel proporcionan una mejor disponibilidad de oxígeno y espacio a los organismos. Aunque tiene las cualidades y la proyección para simular el mismo servicio que un vaso desechable, este no garantiza un sello hermético con la tapa, lo cual es un gran defecto puesto que las avispas son tan pequeñas que pasan libremente por el agujero dejado por un alfiler, siendo así que en estos recipientes fácilmente se puede salir perdiéndose la producción.

Por otro lado, en el laboratorio de la Biofabrica para llevar el control del estado biológico de los insectos, es necesario poder tener visibilidad del contenido. Los vasos desechables de polipropileno son traslucidos lo que facilita esta labor y poder identificar el punto óptimo para despachar los biocontroladores a campo. Los recipientes elaborados con el bagazo de caña de azúcar no permiten mirar su contenido.

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## Conclusiones

Después de realizada la consulta, la investigación y el desarrollo teórico de este trabajo, se puede evidenciar que la idea de usar los residuos generados en la industria de azúcar, panela y etanol a base de los cultivos de caña de azúcar, como lo es el bagazo. Este material desde bastante tiempo ha sido foco de estudio y de interés, para sacar su máximo provecho, desde ser destinado para alimento para animales y mejoramiento y fertilización de suelos, hasta el grado de sacar provecho y producir las diferentes gamas de la papelería. Además, se tienen diferentes investigaciones y ensayos para la elaboración de plásticos y otros materiales y elementos termoplásticos, éteres, emulsificante, entre otros.

Pese a que el producto obtenido en este trabajo, no cumple a cabalidad los objetivos, puesto que la ejecución se hizo de manera rudimentaria y artesanal, lo cual no quita la posibilidad de mejorar el procedimiento y el equipamiento, logrando conseguir un recipiente apto no solo para el uso en la Biofabrica sino acondicionarlo para el uso y consumo humano. Se puede integrar los procesos descritos en los trabajos relacionados con la obtención de lignina y elaboración de bioplásticos, en especial los procesos que usan como materia prima el bagazo de caña de azúcar. Integrando algunos de estos trabajos, se puede tener un producto impermeabilizado que podría contener líquidos y ser usados como vasos para cafetería.

Una de las mejoras que se puede acondicionar es en lo posible adaptando un método o equipo con el cual se pueda prensar las láminas de papel nuevamente dándole la forma deseada. Es decir, que para este caso que se aconseja hacer vasos, se acondicionaría elementos que tengan la forma cónica del vaso deseado, y el papel sería puesto allí para darle la forma, consistencia y sellado necesario. De igual manera se haría para la tapa. Consiguiendo unos recipientes más uniformes y compactos, logrando un mejor sello entre los bordes y un mejor empalme con la tapa.

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## Referencias Bibliográficas

- ASOCAÑA. (Mayo de 2019). Aspectos generales del sector agroindustrial de la caña. *Informe anual 2018-2019*. Obtenido de <https://www.asocana.org/documentos/2352019-D0CA1EED-00FF00,000A000,878787,C3C3C3,0F0F0F,B4B4B4,FF00FF,2D2D2D,A3C4B5.pdf>
- Bilbao V., A. (2015). *Desengancharse del plástico. Problemas de un material ubicuo*, Pdf. (C. d. Acción, Editor) Obtenido de <http://ecologistasenaccion.org/article21000.html>
- Bioenergy. (2019). *Bioenergy - Unidad de negocio* . Obtenido de [www.bioenergy.com.co](http://www.bioenergy.com.co):  
<http://www.bioenergy.com.co/SitePages/UnidadNegocio.aspx#Cana>
- Bioenergy S.A.S. (3 de Agosto de 2017). *Bioenergy supera los dos millones de litros producidos*. Obtenido de [www.bioenergy.com.co](http://www.bioenergy.com.co):  
<http://www.bioenergy.com.co/SitePages/Noticia.aspx?IdElemento=36>
- Bioenergy S.A.S. (2018). *Informe de sostenibilidad 2018*. Obtenido de [www.bioenergy.com.co](http://www.bioenergy.com.co):  
[http://www.bioenergy.com.co/DocumentosPDF/Informe%20de%20sostenibilidad%202018\\_v%20final.pdf](http://www.bioenergy.com.co/DocumentosPDF/Informe%20de%20sostenibilidad%202018_v%20final.pdf)
- Bolivar, F., & López, A. (1994). *Producción de ácido láctico a partir de vinazas de destilería*. Santiago de Cali, Tesis de pregrado. Obtenido de Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, Colombia:  
<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/11358120509487672>
- Celedón M., A. (1979). *La caña de Azúcar* (Primera Edición ed.). Colombia: Editora Dosmil. Obtenido de Pdf.
- CENGICANA. (2017). *Guía de Buenas Prácticas Agrícolas en Caña de Azúcar*, Pdf. Obtenido de [www.cengicana.org](http://www.cengicana.org)
- Colombiano crea papel con residuos de caña de azúcar. (2012). Obtenido de [Colombia.co](http://www.colombia.co):  
<https://www.colombia.co/medio-ambiente/innovacion/colombiano-crea-papel-con->



## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

residuos-de-cana-de-azucar/

Cury R, K., Aguas M, Y., Martinez M, A., Olivero V, R., & Chams Ch, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*(9), pg. 124. Obtenido de Revista Colombiana de Ciencia Animal:  
<https://revistas.unisucra.edu.co/index.php/recia/article/view/530/pdf>

Delfin B., L. J., & Ramirez, G. E. (Sin fecha). *Proyecto de una planta de papel a partir del bagazo de caña* (Trabajo de Grado ed.). Paraguay: Universidad Nacional de Asunción. Obtenido de Pdf.

Díaz M, L., & Portocarrero R, E. (Diciembre de 2002). *Manual de Producción de Caña de Azúcar (Saccharum officinarum L.)*, Tesis de grado. (Pdf) Obtenido de Zamorano.edu:  
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2247/1/CPA-2002-T043.pdf>

FANTASTIC WORLD BYANGELO. (12 de Marzo de 2016). *Fábrica de papel con fique*, [Archivo de Video] . Obtenido de YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=kuJOMHtdWkY>

Garnica G., M., Arias R., M., Ruiz, J. M., & Sanz M., Á. (2007). *Fabricación manual de papel con fibras vegetales*, Pdf. (Revista Digital Practica Docente) Obtenido de Red de Información Educativa-Redined:  
<http://redined.mecd.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/107/00120093001110.pdf?sequ>

Gaviria, J. D. (1.981). *Evaluación del control biológico en la industria azucarera colombiana, su utilización práctica en el ingenio Riopaila Ltda.* Antioquia: SECRETARIA DE AGRICULTURA Y FOMENTO. Obtenido de Pdf.

Giaroli, G., & Maggioni, A. (2015). *Producción de poliacidolactico por ROP*, Trabajo de grado. (Pdf) Obtenido de UNCU.edu:  
[http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/8529/produccion-de-poliacido-por-rop.pdf](http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/8529/produccion-de-poliacido-por-rop.pdf)

González, E., & et. al. (2004). *El pulpeo con etanol como alternativa para incrementar la*

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

- competitividad de fábricas de papel mediante su desarrollo prospectivo integrado a industrias de la caña de azúcar.* (CYTED, Editor) Obtenido de <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/6545/6/cyted-parte.pdf>
- ICA. (2016). *Manejo del gusano barrenador (Diatraea spp.), en caña panelera.* (MinAgricultura, Editor) Obtenido de ICA.gov.co: <https://www.ica.gov.co/getattachment/Areas/Agricola/Servicios/Control-y-Eradicacion-de-Riesgos-Fitosanitarios/PLEGABLE-diatraea-08-08-2016.pdf.aspx?lang=es-CO>
- Irigoyen, J. (1941). *La industria del papel en la República Argentina* (Tesis de grado ed.). Buenos Aires, Argentina. Obtenido de Biblioteca digital Universidad de Buenos Aires: [http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/tesis/1501-0232\\_IrigoyenJL.pdf](http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/tesis/1501-0232_IrigoyenJL.pdf)
- Machinery, R. (s.f.). *Maquina para Producir Vasos de Papel*, [Archivo de Video] YouTube. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=SCpxQgvuBXQ>
- Mondelli, A. (1943). Contribución a la industrialización de la lignina. (Tesis de Grado), 4 y 18. Buenos Aires. Obtenido de Universidad de Buenos Aires: [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis\\_n0354\\_Mondelli.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n0354_Mondelli.pdf)
- NU. CEPAL. (Noviembre de 1954). *Bagazo de caña de azúcar como materia prima para papel y celulosa.* (FAO-CEPAL, Ed.) Buenos Aires: Buenos Aires. Obtenido de repositorio.CEPAL: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/21479>
- Núñez, C. E. (2008). Pulpa y Papel I (Primera parte. 1.- Introducción a la industria de la pulpa y el papel. 2.- Geografía papelera. ). En Cenunez.com.ar, *Textos Técnicos: Madera y Pulpa* (pdf ed.). Argentina: ORICYP. Obtenido de <http://www.cenunez.com.ar/archivos/74-PulpayPapellPrimeraParte.pdf>
- Oleas, P. C. (s.f.). *Elaboración de Papel Vegeta*, Folleto. (ArteFacturas CIA. Ltda) Obtenido de Curso de Elaboración de Papel Vegeta: [http://www.artefacturas.com/nosotros/Curso\\_Papel\\_Vegetal.pdf](http://www.artefacturas.com/nosotros/Curso_Papel_Vegetal.pdf)

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

Peñaranda G., L. V., Montenegro G., S. P., & Giraldo A., P. A. (2017). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia*. (S. e. UNAD, Editor) Obtenido de Revista de Investigación Agraria y Ambiental:

<http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2040/2251>

PROPAL. (S.f.). *Historia: Nosotros*. Obtenido de PROPAL una empresa Carvajal:

<https://www.propal.com.co/historia/>

Residuos Profesional. (20 de Marzo de 2015). *Investigadores chinos y españoles colaboran para obtener plásticos y nailon a partir de residuos agrícolas*. Obtenido de Residuos Profesional.com:

<https://www.residuosprofesional.com/investigadores-chinos-y-espanoles-colaboran-para-obtener-plasticos-y-nailon-a-partir-de-residuos-agricolas/>

Rivera R, H. D. (2018). *Obtención de celulosa mediante hidrólisis térmica a partir de biomasa residual procedente del banano (*Musa acuminata*, AAA) y de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)*, Trabajo de grado. Obtenido de Repositorio Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/14422/1/T-UCE-0017-0089-2018.pdf>

Rodríguez F., C. (24 de enero de 2019). "Entre agosto de 2021 y marzo de 2022 produciremos 100 millones de litros de etanol". *La Republica*. Obtenido de

<https://www.larepublica.co/empresas/entre-agosto-de-2021-y-marzo-de-2022-produciremos-100-millones-de-litros-de-etanol-2819638>

Rodriguez R., M. C., Morales R., R., & Rodriguez G., D. (2016). Producción de ácido láctico a partir de bagazo de caña residual de la industria azucarera. *Jovenes en la Ciencia*, 2(1), 1594-1597. Obtenido de Pdf

Rolz A., C. (Agosto de 2011). *Obtencion de ácido láctico a partir de caña de azúcar*, Informe de Proyecto. (Pdf) Obtenido de Universidad del Valle de Guatemala:

<http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202008.03.pdf>

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

Santin, A. (2011). Capítulo II. El papel. En A. d. Santín, *Aplicaciones enzimáticas en procesos de conservación y restauración de obras de arte. Consolidación de celulosa* (Tesis Doctoral ed., págs. 139-227). España: Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco. Obtenido de <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/14292/5-%20Cap%C3%ADtulo%20II.%20El%20papel.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Santos M, T. M. (Abril de 2017). *Autohidrólisis y deslignificación organosolv de madera de Pinus radiata para la recuperación de hemicelulosas y lignina con aprovechamiento de la fracción celulósica por vía enzimática*, Tesis doctoral. Obtenido de Repositorio Universidad Complutense de Madrid: <https://eprints.ucm.es/49065/1/T40168.pdf>

SEO/BirdLife. (2019). *Impacto del abandono del plástico en la naturaleza*, Pdf. (Ecoembes, Editor) Obtenido de [https://proyectolibera.org/dondeacabalabasuraleza/img/Impacto-de-los-pl%C3%A1sticos-abandonados\\_LIBERA-def-1.pdf](https://proyectolibera.org/dondeacabalabasuraleza/img/Impacto-de-los-pl%C3%A1sticos-abandonados_LIBERA-def-1.pdf)

SoloStocks. (2018). *Máquina formadora de vasos de papel*. Obtenido de SoloStocks.com.ar: <https://www.solostocks.com.ar/venta-productos/maquinaria-procesar-papel-carton/otra-maquinaria-procesar-papel-carton/maquina-formadora-de-vasos-de-papel-1707444>

Textos Científicos.com. (2005). Producción mecánica de pulpa. En *El papel*. Obtenido de Textos Científicos.com: <https://www.textoscientificos.com/papel/pulpa/produccion-mecanica>

UDELAR. (sin fecha). *Fabricación de papel*. (Universidad de la Republica de Uruguay) Obtenido de Facultad de Ciencias UDELAR: <http://egresados.fcien.edu.uy/FABRICACION%20PAPEL.pdf>

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## Lista de imagenes

### Imagen 1.

*Cultivo de Caña de azúcar*



*Nota.* Detállese la dimensión del terreno ya cosechado en caña de azúcar. Puerto López-Meta.

### Imagen 3.

*Liberación de Cotesia*



*Nota.* Dentro de los cultivos se abren los vasos para que las avispidas puedan volar y hacer su trabajo.

### Imagen 2.

*Vasos con Cotesia*



*Nota.* Vasos con avispidas de *Cotesia* listas para ser liberadas en los cultivos.

### Imagen 4.

*Vasos con Cotesia en el cultivo*



*Nota.* Dependiendo la dosis cada cierta distancia se deja un vaso y se abre otro.

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## Imagen 5.

*Producción de Cotesia*



*Nota.* Los copos (pupas) de *Cotesia* son seleccionados y empacados en vasos. 2 gr por vaso, aprox. 1500 avispidas.

## Imagen 6.

*Caja Petri con Cotesia*



*Nota.* En laboratorio se cria larvas de *Diatraea* para propagar la *Cotesia*. Las masas blancuzcas son los copos (pupas) de las avispidas, se puede ver larvas y una pupa de *Cotesia*.

## Imagen 7.

*Cotesia parasitando larva de Diatraea y Trichogramma*



*Nota.* Adaptado de INSECTOS PARASITOIDES: Generalidades. Dr. Víctor, 2013 (<http://controlbiologicouagro.blogspot.com/2013/10/insectos-parasitoides-generalidades.html>). Dominio público.

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

**Imagen 8.**

*Muestra de bagazo seco*



*Nota.* Bagazo tomado del 5° molino de la planta de etanol de Bioenergy, con una humedad promedio de 46%.

**Imagen 9.**

*Surco de caña de azúcar*



*Nota.* Tramo de caña deshojado para evaluación de plagas. La misma acción se realiza durante la cosecha.



## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

### Imagen 10.

#### *Materiales*



*Nota.* Materiales para el pulpeo en casa: A) soda caustica en escamas. B) bagazo de caña. C) moldes en madera. D) toallas y telas. E) Coladores. F) licuadora convencional. G) cubeta o canasta de plástico.



# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

**Imagen 11.**

*Bastidor y moldes*



*Nota.* A) Bastidor o marco con anejo o mosquitero metálico. B) marco o molde para hoja tamaño oficio. C) molde con silueta para vaso de 7 oz. D) molde con silueta para sobre de carta.

**Imagen 12.**

*Cocción de la pulpa*



*Nota.* Bagazo en proceso de cocción con soda caustica.

**Imagen 13.**

*Pastas de celulosa obtenidas*



*Nota.* Pulpas o pastas de celulosa de caña después de licuadas. A la derecha pasta blanqueada con hipoclorito.

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## Imagen 14.

*Presentación del recipiente*



*Nota.* Modelo del recipiente elaborado con el bagazo de caña de azúcar.

## Imagen 15.

*Prototipo de producto final*



*Nota.* Vaso elaborado con las dimensiones de los vasos desechables usados en la Biofabrica con tapa.

## Imagen 16.

*Vaso biodegradable con tapa*



*Nota.* Presentación del vaso biodegradable donde se aprecia el acabado irregular y el uso de tapa plástica.

## Imagen 17.

*Algunos productos elaborados*



*Nota.* Además del vaso se elaboró con la pasta de bagazo otros diseños como un sobre, unas tarjetas, entre otros.

## RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

### Imagen 18.

*Proceso de transformación*



*Nota.* Se muestra la transformación desde unos tallos de caña de azúcar, son exprimidos y convertidos en bagazo, para luego procesarla y obtener las pupas con la que se obtiene diferentes productos.

# RECIPIENTE BIODEGRADABLE DE BAGAZO DE CAÑA PARA CONTROL BIOLÓGICO

## Apéndice A

### *Descripción de la máquina formadora de vasos de papel*

Esta máquina formadora de vasos de cartón/papel es una máquina automática con varias estaciones, giro intermitente de leva, transmisión por cadena. El proceso se forma por transporte de papel, pegamento, inyección de aceite, calentamiento, impresión, enrollado al borde y fondo y descarga de vasos de papel (SoloStocks, 2018).

La máquina cuenta con una zona de alimentación de papel donde toma automáticamente cada lamina de papel, una cizalla corta la silueta para hacer el vaso y la circunferencia para el fondo; el recorte es transportado por una banda que lo lleva a un cono con la horma del vaso, allí la hoja toma la forma y se pega, en este cono es guiado a la zona de ensamblaje del fondo, el cual es plegado y pegado al vaso, finalmente el vaso es enjarrado en un dispensador para su posterior empaclado manual (SoloStocks, 2018).

Por otro lado, si se desarrolla la alternativa que ajusta el pulpa mecánico para obtener celulosa, entonces la manera para darle forma a las hojas resultantes por este método es, al igual que en la opción a, darle forma a la hoja con un molde con la silueta del recipiente a elaborar, lo más conveniente es en forma de vaso, puesto que, por la baja calidad, muy quebradizo, no es posible manipularlo, no resiste los pliegues. Entonces después de tener la hoja prensada y formada a la silueta propuesta, aun estando húmeda, se le dará la forma deseada.