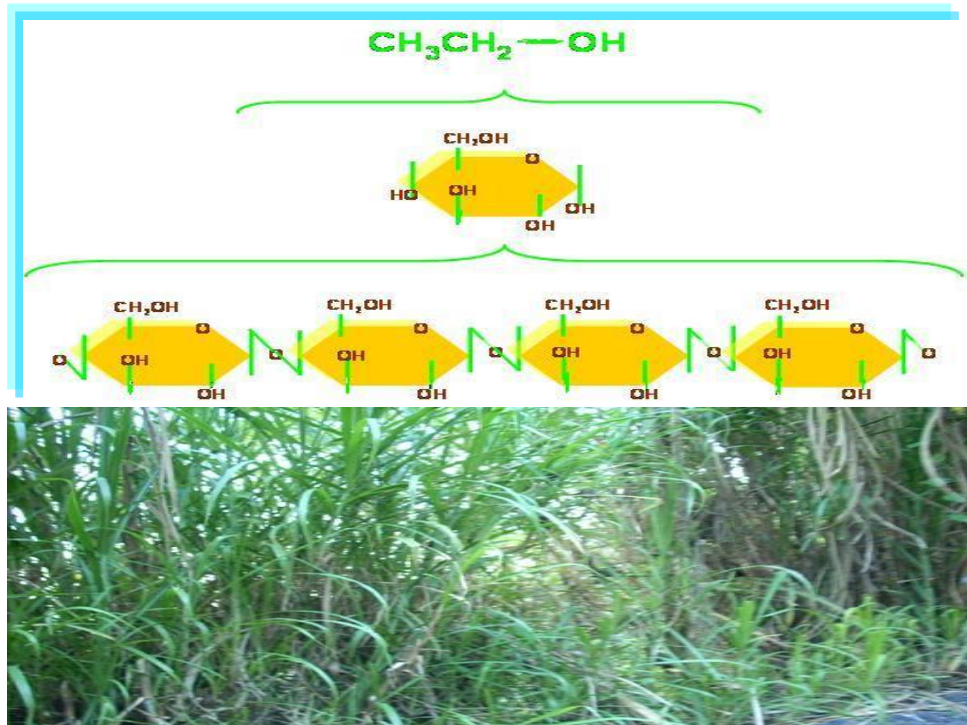


PROPUESTA DIRIGIDA A PRODUCCIÓN DE AGROENERGÍA MULTIACTIVA CON PROCEDENCIA AMBIENTAL MULTIBENÉFICA EN TERRENOS ÁRIDOS



HÉCTOR MARIO VELOZA CONTRERAS

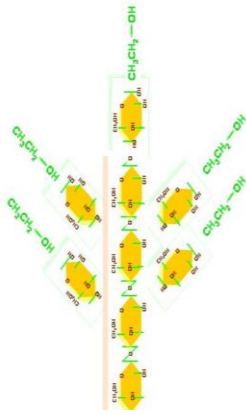
Ingeniero Biomédico.

Especialista en Ingeniería de Producción y Control de Calidad.

Experto en Sistemas de Gestión para la Seguridad y Salud en el Trabajo.

Investigador en temas de rehabilitación de deficiencias de minusvalía, en prevención y control de riesgos laborales, en aspectos concernientes a la Ingeniería Biomédica en general y en aspectos tendientes al desarrollo de producción de energía sin impactos negativos para el medio ambiente.

Dirección electrónica: h.mario@outlook.com



La celulosa es un polisacárido cuya molécula se constituye químicamente a base de una cadena de anillos de glucosa y es pródigo componente estructural de las células de las plantas.

1. Objetivo de este emprendimiento: la propuesta que se espera poner a funcionar es, en primer lugar y con el apoyo de instituciones amigas del medio ambiente que se hagan impulsoras de este proyecto, demostrar que gran cantidad de terrenos colombianos con catalogada tradición árida o no apta para producción agrícola, tienen significativo potencial para producir biomasa convertible en etanol además de propiciar un paralelo impulso a la agroindustria pecuaria.

2. Alcance proyectado para este emprendimiento:

el propósito específico que se tiene con este nivel de investigación es el de mostrar cómo el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) puede prosperar y generar, en forma perenne, considerables cantidades de biomasa

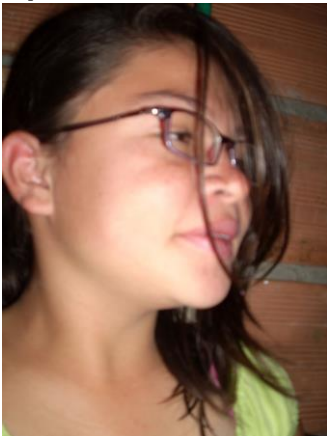
con muy interesante capacidad de ser convertida en etanol mediante procesos –ya existentes y en fases de optimización productiva en empresas de buen reconocimiento- de transformación de celulosa en carburante u otras aplicaciones energéticas y de química industrial que a bien se tenga y lleguen a ser emprendidos por el pródigo devenir investigativo humano. Con lo anterior enfatizado, además, se busca aclarar que este no es un nivel investigativo en el que aun se proyecte materializar la fase alcoholquímica de la biomasa a producir, lo cual sí se espera tener la oportunidad de consolidar mediante el impacto consecuente del apoyo que reciba esta propuesta, apoyo que se aspira constituir en semilla conducente al despertar del interés científico-empresarial de los benefactores del ambiente para hacer procedente el emprendimiento de una subsiguiente etapa investigativa que conduzca a hacer realidad las bondades, por ahora con potencial, ecológico-económicas de esta visión de empresa humanoambiental.

De tal forma que lo concreto de este nivel ha de ser el proceder al cultivo de una muestra de semilla (alrededor de un bulto o 50 kg.) de pasto elefante sobre una ladera árida que hasta ahora haya sido descartada para la aplicación de algún tipo de industria agrícola, y durante el periodo de un año –fase de muestra para la implementación de este emprendimiento humanoambiental- se monitorearía semanalmente el desarrollo, sin aplicación de fertilizantes ajenos al suelo, del pasto naciente y en crecimiento y se cuantificaría la cantidad de biomasa apta para proceso de alcoholquímica (con respecto al tiempo y cantidad de terreno empleado), aclarando que tal biomasa solo estará constituida por la parte del pasto que no es consumida por el ganado, hecho este que viene a constituir sustento de la parte multiactiva y complementa la parte multibenéfica enunciadas en el título del proyecto –en realidad la multiactividad se soporta en las diferentes alternativas de uso energético de la biomasa a producir, alternativas de las que se da cita en apartes subsiguientes y algunos ejemplos, y la componente multibenéfica considera, en forma

inmediata, el uso reforestado que se haría de suelos áridos y la solución energética de características éticamente limpias de que se estaría proveyendo a la humanidad-.

- 3. Consideraciones que promueven la viabilidad ejecutorial y finalidad de la investigación:** seguidamente, y como aproximación sustentativa de la aplicación práctica y ética de los resultados esperados, se presentan algunas circunstancias descriptivas de las ventajas del material biomásico que puede conseguirse a partir de la promoción del cultivo de pasto elefante como fuente energética –las ventajas ofrecidas por esta biomasa para producir etanol ya cuentan con investigaciones y documentación que las respaldan-, y de la favorabilidad con que muchas laderas cordilleras de Colombia podrían ser receptoras de este cultivo reforestante y antierosionante.

3.1 Fundamentación ética y socioeconómica para producir biocombustibles a partir de biomasa de material de pastura.

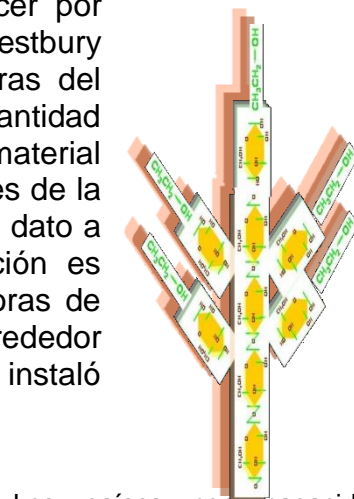


La producción de biocombustibles genera encontrados debates sobre su desempeño futuro, sobre su impacto y sobre la realidad de su potencial carácter solucionador de la crisis energética; a la forma predominante de producción de biocombustibles que se ha implementado se le culpa, y con mucha razón, de estar ocasionando el notable encarecimiento que por tendencia presentan alimentos que son básicos e indispensables para estratos sociales vulnerables de la gran generalidad de regiones habitadas del mundo. Pero como quiera que el reemplazo de los combustibles fósiles es un asunto inaplazable para la conservación de las condiciones que hacen viable la supervivencia de especies, entre las que indudablemente se encuentra la humana, urge propender por el desarrollo de la tecnología que se encarga de obtener etanol aprovechando la abundante celulosa contenida en la masa vegetal –masa vegetal que en la mayoría de los casos es desechada por la agroindustria como material al que no se le reconoce valor útil-, para que sea realidad la disponibilidad de los tan necesarios llamados “biocombustibles de segunda generación”, los cuales tendrán que provenir de materias primas cuya producción no lesione o amenace el equilibrio medioambiental y que, a su vez, no sean de uso alimentario ni desplacen cualquier actividad con finalidad tendiente a generar productos para este uso. Y es que, como es bien sabido, el recurso inicial en el que se fundamenta la fabricación de bioetanol no es otro que el de recurrir al azúcar –que, en forma de almidón, se halla contenido en semillas y especies afines de uso habitual como alimento (principalmente maíz, sorgo dulce, cebada, trigo, yuca y papa), o que en forma de abundante sacarosa hace parte de ejemplares agrícolas de tradición como lo son la caña de azúcar y la remolacha azucarera (la sacarosa como azúcar también es un componente básico de la dieta usual humana)- y, a través de la

fermentación apropiada, transformarlo en etanol. Pero para contrarrestar el problema ético-social que conlleva el desvío de recursos de la canasta alimenticia para la obtención de alcohol carburante existe ya toda una fundamentación tecnológica que ha sido puesta a prueba de diversas maneras en la búsqueda de alternativas benéficas ecologistas, y con aplicación medioambiental y económica de desarrollo sustentable con perspectiva de productividad innovadora, que consiste en hacer uso de la CELULOSA (polisacárido cuya molécula se constituye químicamente por una cadena de anillos de glucosa, y que es pródigo componente estructural de las células de las plantas, estableciéndose así como uno de los materiales mas abundantes de este planeta) como materia prima para la obtención de BIOETANOL; valga recalcar lo esbozado, en el sentido de que con la puesta en práctica de tecnología así, se va a conseguir producir carburante que provenga de una materia prima que no forma parte de la cadena alimenticia humana, con abundantes y hasta ahora regularmente desaprovechadas fuentes naturales, toda vez que este etanol celulósico será producto de materiales vegetales residuales bien sea desechados por la ganadería (tallos o cañas de pasto no consumidos por el ganado) u otras actividades afines a la industria maderera o agrícola.

Como ilustración a referenciar de la ya existencia de tecnología emprendida para el desarrollado de proyectos dirigidos a obtener etanol con fuente de celulosa, con inversión razonable y de carácter competitivo y, por su puesto, sin contribuir a poner en riesgo la existencia de componentes de la cadena alimenticia humana, cabe señalar que la empresa canadiense Enerkem ha generado anuncios que dan cuenta sobre la construcción y disponibilidad de un tipo de planta para demostración comercial de su forma de producción de etanol de celulosa –con apego a lo dado a conocer por publicaciones en línea, esta planta de Enerkem en Westbury (Canadá) se caracteriza por ser una de las pioneras del mundo en la fabricación de etanol de celulosa en cantidad industrial, teniendo como propósito producir tal material mediante la utilización de madera resultante de postes de la luz que ya están para desecho-; estableciendo como dato a resaltar el hecho de que tal planta de demostración es consecuencia de la dedicación de más de 3.000 horas de realización de pruebas, emprendidas a partir de alrededor del año 2003 en una planta/laboratorio piloto que se instaló por parte de la empresa en Sherbrooke (Canadá).

Igualmente interesante para preponderar como motor de desarrollo, en el corto y mediano plazo, de la industria alcoholquímica a base de celulosa como circunstancia no aislada sino, más bien, como fenómeno de fuerza global, cabe destacar otro hecho que da cuenta del creciente soporte tecnológico que día tras día se despliega a su favor



Los países con capacidad de producir cantidades industriales de biomasa de fácil procesamiento para conversión en etanol, están llamados a hacer parte de la vanguardia en la industria energética.

–esto sin profundizar tanto en el favorable ambiente que la administración del presidente Barack Obama promueve para la implementación de producción y uso de combustibles ecológicos o no agresivos al medio ambiente-, poniendo de presente que los avances en tal sentido dentro de los Estados Unidos de Norte América ya están en marcha, dada cuenta que el expresidente Bush, durante su gobierno, impartió la decisión política de buscar maneras de producir etanol más económico dentro de ese país y esto abrió la puerta a la producción a partir de celulosa –que podría tomar como materia prima los desechos de la producción agrícola-, inclusive como una alternativa privilegiada; tal razón condujo a que la base del presupuesto de soporte para apoyar industria destinada a la investigación en este campo fue duplicada desde el año 2007, en tanto que el Departamento de Energía promovió y planteó, con dirección a la empresa privada, la competencia para establecer el apoyo dirigido a construir, en principio, tres plantas industriales de fabricación de etanol celulósico –de acuerdo con reportes de The Wall Street Journal, son alrededor de 30 empresas las participantes en la ejecución del proyecto, una de las cuales, Iogen, contaba ya con una planta piloto que estaría en capacidad de producir a \$1,35* por galón, con perspectiva de reducir pronto ese costo a \$1 por galón; y secundando con su apoyo los ánimos empresariales de producción alcoholquímica de **celulosa** hay marcas industriales tan fuertes y afamadas como Goldman Sachs, Archer Daniels Midland, DuPont y Shell-

*dólares americanos

3.2 Algunas ventajas que extreman la competitividad del etanol de celulosa

Especialmente en Estados Unidos el etanol de celulosa será necesario para complementar e ir reemplazando lo más pronto posible el etanol de maíz; pero este también es un principio aplicable para otros países o conglomerados de naciones, en cuanto estén haciendo uso de fuentes alimenticias para la fabricación de material carburante o su biocombustible provenga de tales fuentes; y, además, el etanol de celulosa, en contraste con otros biocombustibles renovables –tales como el metanol, butanol y el di-metil éter (DME)-, cuenta ya con un sustento técnicolegal en la generalidad del mundo, lo que le asegura mercado y aplicación como componente de mezcla en diferentes proporciones tales como en la gasolina E10.

3.3 La tecnología para producir etanol es viable

Los avances en la tecnología para producir etanol de celulosa reportan tal grado de desarrollo, que rápidamente van ofreciendo cada vez mayores garantías de una muy atractiva viabilidad comercial –esto sin hacer aquí mayor mención de su benignidad social y medioambiental-, aunque actualmente son mas bien escasos, pero en número creciente, los proveedores de esa tecnología. Esencialmente existen dos modalidades tecnológicas básicas que ofrecen marcada efectividad, y aptitud competitiva en su ecuación de costo/beneficio, para transformar material celulósico en combustible líquido;

una es conocida como gasificación térmica en dos etapas y la otra es denominada como hidrólisis ácida concentrada en dos etapas. Aquí, como referente, cabe mencionar que la hidrólisis ácida concentrada en dos etapas ha sido concebida particularmente con el objeto de convertir celulosa en etanol y cierta versión del procedimiento tuvo tal grado de perfeccionamiento que es promovida a escala comercial, habiendo sido patentada con la denominación de Arkenol¹ -en este proceso suele efectuarse una separación de los desechos resultantes de la celulosa en sus materiales componentes azucarados y no azucarados, procediéndose luego a extraer el azúcar y a sintetizar etanol a través del mecanismo de fermentación. Así pues, los países con capacidad de producir cantidades industriales de biomasa de fácil procesamiento para su conversión en etanol, están llamados a constituir la vanguardia energética a muy inmediato plazo.

3.4 Mercado Internacional

Internacionalmente, y para citar un solo caso de la cabida industrial de los biocombustibles, el mercado de los Estados Unidos resalta por su atracción ya que desde todo punto de vista el uso de maíz como materia prima debe ser reemplazado, motivo por el cual las importaciones de etanol están aumentando muy notablemente, siendo Brasil y Centroamérica sus principales fuentes de abastecimiento. Para un país como Colombia que está



La producción de agroenergía bien puede ser alternativa productiva de reforestación para laderas y otros terrenos de característica árida.

incursionando fuertemente en la producción de etanol a base de diferentes fuentes sin poner en riesgo bases alimenticias, el margen de utilidad empieza a mostrarse bastante atractivo ya que, de acuerdo a la asociación de productores de caña de este país -Asocaña-, en análisis que comprendió entre los meses de noviembre de 2005 y abril de 2006, el precio del galón de este biocombustible en Colombia no sobrepasó el equivalente a los 1,74 dólares americanos mientras que en Estados Unidos el precio era de 2,28 dólares también por galón -es decir alrededor de un 30% mas-; estas circunstancias dejan ver que existen enormes ventajas y alicientes para que Colombia produzca y exporte etanol hacia



En Colombia el cultivo del pasto elefante es de gran facilidad y tiene muy buena adaptación a sus variados climas medio y cálido.

la unión americana, condiciones que se espera ver potencializadas mediante el tratado de libre comercio TLC entre los dos países, ya que en la redacción aprobada de tal acuerdo se estableció que exportaciones colombianas de etanol y biodiesel tendrán ingreso a Estados Unidos libre de aranceles y de otras limitaciones, con lo cual Colombia va a estar en franca posición ventajosa frente a otros proveedores de estos materiales –tales como Centroamérica, Brasil o Sudáfrica- que están regidos por drásticas reglas en las que deben garantizar que el etanol tiene un verdadero origen local y, además, operan con sujeción a cuotas condicionantes de su participación.

3.5 Material de pastura propuesto como fuente de celulosa para generar bioetanol

La Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa) ha sido una de las instituciones pioneras en indagar sobre la producción de etanol de celulosa utilizando como materia prima una variedad de pasto conocido en el medio como Capín Elefante (o pasto elefante, de nombre



científico *Pennisetum purpureum*), habiendo llegado a establecer resultados extraordinariamente sorprendentes y promisorios al hacer comparaciones con otras materias primas, como por ejemplo la caña de azúcar; tal como el hecho de que la biomasa desecada obtenida del capín está en capacidad de entregar



Las macollas de este pasto se conforman de gran cantidad de retoños que pueden lograr diámetros de varios centímetros.

25 unidades de energía contra solo una de origen fósil empleada, mientras que las circunstancias de rendimiento de la caña con estos fines solo llegan a la proporción de 9 a 1. La forma del pasto elefante es la de una gramínea de tallos que en corto tiempo pueden alcanzar varios metros de altura y tienen gran similitud morfológica con la caña de azúcar; sus hojas son bien apetecidas como alimento por diferentes tipos de ganado, siendo esta su hasta ahora exclusiva utilidad en razón a que los tallos o troncos son tratados como material de desecho –tanto por reses como por ganaderos-.

En Colombia el cultivo del pasto capín es de gran facilidad y tiene muy buena adaptación a los climas medio y moderadamente cálido, no requiere tierras de gran fertilidad –por lo que podría ser usado como alternativa de reforestación para terrenos de característica árida-, se desarrolla satisfactoriamente sobre

laderas de tendencia seca sin que sea imprescindible el uso de riego para su crecimiento –es significativamente resistente al clima veranoso pero soporta mas bien poco el clima frío- y entrega a los ganaderos un promedio de tres a cuatro cortes o cosechas por año con dotación de robustos forrajes. Son muy diversas y poco diferenciables las variedades de este tipo de pasto –se llega a considerar que existen alrededor de 200 clases de esta familia- y, aun en forma de caracterizada aleatoriedad y sin iniciativa de tecnificación, el medio ambiente de las cordilleras colombianas se muestra regularmente propicio para ver crecer sus verdes frondas, inclusive en sitios que no muestran ningún otro tipo de vocación agrícola o condiciones en que puedan desarrollarse los tradicionales cultivos de pan coger; aun así, tratándose de la búsqueda por variedades de capín elefante eminentemente indicadas para la conversión de celulosa en etanol, la institución Embrapa Agrobiología reporta la ya identificación de ciertas clases que podrían revelar aptitud bastante específica para el mencionado fin al proliferar en ausencia de cualquier aplicación de fertilización nitrogenada –característica que identifica el estilo de este tipo de cultivos en Colombia-. Como condición general, el pasto elefante se empradiza en forma de florestas que pueden alcanzar incluso 1 m de diámetro, estando conformadas por gran cantidad de retoños o vástagos que a su pleno desarrollo llegan a lograr un diámetro que se aproxima a los tres cm. con abundantes hojas alargadas que fácilmente pueden medir el metro de longitud y anchura de alrededor de tres cm.; siendo estas hojas las que apetece y aprovecha el ganado para su alimentación y que seguirían teniendo tal destino de promoción a la ganadería, en razón a que el material a usarse en alcoholquímica sería exclusivamente el tronco desechado por los semovientes. La siembra regular se efectúa por medio del enterramiento vertical u horizontal poco profundo, de tallos que con favorables condiciones climáticas –un poco de lluvia- emiten retoños en pocas semanas y empiezan a poblar el terreno circundante; y aunque puede soportar el pasturaje alimenticio no permanente del ganado suelto, su mejor forma de aprovechamiento se obtiene mediante la explotación como pasto de corte y esta puede ser una circunstancia que beneficiaría la inmediata recolección para secado de los troncos residuales de la alimentación de ganado mantenido en establos.

Para el proceso de alcoholquímica se requiere secar la biomasa a utilizar –toda la estructura carente de hojas que no es apetecida por el ganado- y este proceso necesita un ambiente desprovisto de humedad y donde el material, especialmente mientras se deseca, no esté demasiado amontonado y sí a salvo de la lluvia para poder controlar el riesgo de que se pudra; por lo tanto aquí una técnica que puede ayudar sería cortar los troncos en pedazos pequeños y removerlos a diario para que, una vez secos puedan ser adecuadamente compactados para facilitar el traslado hasta donde esté la factoría de alcohol.

3.6 La producción de agroenergía a partir del pasto elefante es oportunidad de establecer una forma de oferta de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) desde Colombia

Colombia tiene el clima y terrenos propicios para producir abundante biomasa convertible en etanol y esto representa una gran oportunidad para países que deben cumplir compromisos adquiridos en el protocolo de Kyoto, ya que pueden hacer uso de la alternativa MDL (o CDM por la sigla de la expresión en idioma Inglés Clean Development Mechanism) para promover esta floreciente tecnología de producción de energía limpia y, entre muchos otros beneficios, obtener Certificados de Reducción de Emisión (CREs) –o CERs según la expresión inglesa Certificates of Emission Reductions- para alcanzar el cumplimiento de sus compromisos ambientales establecidos por acuerdos como Kyoto y versiones afines o renovadas de este acuerdo. Por estas y algunas otras razones el cultivo de agroenergía en Colombia se halla a la espera de **inversionistas comprometidos y convencidos** que quieran convertir la Amenaza climáticoambiental en excelente Oportunidad productiva de bienestar socioambiental y económico.

Por su buen desempeño ante diferentes condiciones con exigencias ambientales y prolífico desarrollo del follaje, la producción de etanol no es la única alternativa de uso del pasto elefante como insumo energético, ya que hay



Colombia tiene el clima y terrenos propicios para producir abundante biomasa convertible en etanol y puede ser destino de inversionistas comprometidos y convencidos que quieran apoyar la conversión de la Amenaza climáticoambiental en excelente Oportunidad productiva de bienestar socioambiental y económico.

vislumbra un gran potencial en el mercado europeo que demanda biomasa seca compactada en la forma de briquetas para diversos usos combustibles.

ramos industriales –como en la industria cerámica, en la siderúrgica o en la del cemento- donde cabría la explotación del uso de su biomasa seca como combustible para proceder al reemplazo de leña, carbón o gas natural; inclusive en Brasil ya se dan referencias de una empresa llamada *Sykue Bioenergía* que habría emprendido el uso de este material de pastura para hacer funcionar centrales termoeléctricas, y se

4. Para saber más acerca de este tema:

- Bogdan, A.V.; Pastos tropicales y plantas de forraje; A.G.T. Editor S.A.; México D.F., 1997.
- Centro andino para la economía en el medio ambiente –CAEMA-; Boletín CAEMA; Bogotá, Diciembre de 2007.

- Centro andino para la economía en el medio ambiente –CAEMA-; Instrumentos económicos y medio ambiente; boletín informativo 1; Bogotá, Mayo de 2001.
- Centro andino para la economía en el medio ambiente –CAEMA-; Nuevos desarrollos sobre el MDL; boletín informativo 1; Bogotá, Mayo de 2001.
- Muro, José del C. y Otro; El pasto elefante; Ministerio de agricultura, Colombia, 1960.
- Oil & Gas Journal; Ethanol from waste an opportunity for refiners; artículo publicado en la edición para suscriptores de Junio 2 de 2008.
- Rodríguez Edilberto: La agrocadena panelera y el alcohol carburante en Colombia; archivo PDF publicado en Internet, Apuntes del CENES, 2004.
- El ABC de los Alcoholes Carburantes; [en línea] www.fedebiocombustibles.com
- Etanol de celulosa, mejor opción que el de maíz; [en línea] www.eluniversal.com.mx
- Fiebre de Etanol; [en línea] www.dinero.com/wf_InfoArticulo.aspx
- Pasto elefante, nuevo campeón en biomasa; [en línea] www.biodiesel.com.ar

¹ <http://www.arkenol.com/>