

**ELEMENTOS DE SOSTENIBILIDAD PARA  
LA PRODUCCION Y USO DEL ETANOL  
COMO COMBUSTIBLES**

**DICIEMBRE 2014**

**HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DEL  
CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS  
DE LA SOSTENIBILIDAD.**

---

**ELEMENTOS DE SOSTENIBILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN Y  
USO DEL ETANOL COMO COMBUSTIBLES**

**AUTORES**

**JAIME ENRIQUE ANAYA ORTEGA**

**ISAIAS JIMÉNEZ GALVÁN**

**Director**

**VÍCTOR FERNÁNDEZ RINCÓN**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR**

**FACULTAD DE INGENERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**CARTAGENA BOLÍVAR**

**2014**

Cartagena de Indias D.T y C. Diciembre 17 de 2014

**Señores**  
**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**  
**Comité Evaluador.**

Por medio de la presente me permito comunicarles que he brindado asesoría en calidad de director del trabajo de grado titulado "Elementos de Sostenibilidad para la Producción y Uso del Etanol como Combustible", desarrollado por los estudiantes Jaime Enrique Anaya Ortega e Isaías Jiménez Galván, y además manifiesto mi conformidad con los resultados obtenidos.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'V. Campo Fernández Rincón', with a stylized flourish at the end.

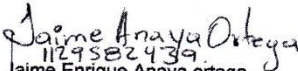
**Víctor Campo Fernández Rincón**  
Director del Proyecto

Cartagena D.T Y C diciembre de 2014

Señores

Universidad Tecnológica de Bolívar

Nosotros, Jaime Enrique Anaya ortega e Isaías Jiménez Galván, manifestamos en este documento nuestra voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica de Bolívar los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 72 de la Ley 23 de 1982 sobre Derechos de Autor, del trabajo final denominado "Elementos de sostenibilidad para la producción y uso del etanol como combustible" producto de nuestra actividad académica para optar los títulos de ingenieros ambientales de la Universidad Tecnológica de Bolívar. La Universidad Tecnológica de Bolívar, entidad académica sin ánimo de lucro, queda por lo tanto facultada para ejercer plenamente los derechos anteriormente cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y extensión. La cesión otorgada se ajusta a lo que establece la Ley 23 de 1982. Con todo, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la Ley 23 de 1982. En concordancia suscribo este documento que hace parte integral del trabajo antes mencionado y entrego al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

  
1129582439  
Jaime Enrique Anaya ortega

C.C: 1.129.582.439 de Barranquilla

  
41.00544518  
Isaías Jiménez Galván

C.C:1.100.544.518 de Galeras -Sucre

### ***Agradecimientos***

*Ante todo darle las gracias a DIOS por darnos tanta fortaleza, entendimiento, esperanza, y paciencia durante todo este tiempo, por la certeza de haber terminado con éxito este proyecto.*

*A nuestras familias por el apoyo incondicional que nos brindaron, en cada momento, en especial en aquellos donde las fuerzas y el ánimo parecían desfallecer.*

*A nuestro director, el profesor Víctor Campo Fernández, por su dedicación, orientación y paciencia.*

*“La insolencia sólo disputas proporciona; con los que admiten consejos está la sabiduría”.Prob:13:10*

## Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>2. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	13
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	14
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	15
<b>4.1. General</b> .....	15
<b>4.2. Específicos</b> .....	15
<b>5. MARCO TEÓRICO</b> .....	16
<b>5.1. BIOCOMBUSTIBLES</b> .....	16
5.1.1. Primera generación.....	16
5.1.2. Segunda generación.....	17
5.1.3. Tercera generación.....	18
<b>5.1.4. Tipos de biocombustibles</b> .....	18
<b>5.1.5. Biocombustibles primarios</b> .....	19
<b>5.1.6. Los biocombustibles secundarios</b> .....	19
<b>5.1.7. Biocombustibles líquidos</b> .....	19
<b>5.2. ETANOL COMO COMBUSTIBLE</b> .....	20
<b>5.3. BIODIESEL</b> .....	20
<b>5.4. VENTAJAS DEL ETANOL COMO COMBUSTIBLE</b> .....	21
<b>5.5. DESVENTAJAS DEL ETANOL</b> .....	22
<b>5.7. MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DEL ETANOL</b> .....	25
<b>6. PROCESO EN CAMPO A PARTIR DE LA CAÑA DE AZÚCAR</b> .....	26
<b>6.2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE LA CAÑA DE AZÚCAR</b> . (Cardona et al., 2005).....	31
<b>6.4. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DEL MAÍZ</b> .....	36
<b>6.4.1. Molienda en Seco</b> . (Donato & Beltrán, 2004).....	36
<b>6.4.2. MOLIENDA EN HÚMEDO</b> . (Donato & Beltrán, 2004).....	38
<b>6.5. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE LA REMOLACHA</b> (Garc, 2006).....	40

<b>7. ANÁLISIS COMPARATIVO DE MÉTODOS</b> .....	43
<b>7.1. ETANOL A PARTIR DE LA CAÑA DE AZÚCAR.</b> (BNDES, CGEE, 2008).....	44
7.1.1. Sector Económico.....	44
7.1.2. Sector Ambiental .....	45
7.1.3. Sector Social.....	46
<b>7.2. ETANOL A PARTIR DE LA YUCA</b> .....	47
7.2.1. Sector Económico.....	47
7.2.2. Sector Ambiental .....	47
7.2.3. Sector Social.....	48
<b>7.3. ETANOL A PARTIR DE MAÍZ</b> .....	48
7.3.1. Sector Económico. (Luis & Fernández, 2012). .....	48
7.3.2. Sector Ambiental .....	49
7.3.3. Sector Social.....	49
<b>7.4. ETANOL A PARTIR DE LA REMOLACHA</b> .....	50
7.4.1. Sector Económico.....	50
7.4.2. Sector Ambiental .....	51
7.4.3. Sector Social.....	51
<b>8. PRODUCCIÓN MUNDIAL DE BIOCOMBUSTIBLES.</b> .....	52
<b>8.1. BIOCOMBUSTIBLES EN LA UNIÓN EUROPEA.</b> (Smith, Flach, Bendz, Krautgartner, & Lieberz, 2013).....	54
8.1.1. Materia prima.....	54
8.1.2. Capacidad de Producción.....	54
<b>8.2. BIOETANOL EN BRASIL</b> .....	56
<b>8.3. BIOETANOL EN LOS ESTADOS UNIDOS.</b> .....	58
<b>8.4. BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA.</b> .....	59
8.4.1. Producción.....	60
8.4.2. Producción 2013.....	61
8.4.3. Mezcla E-10 .....	61
8.4.4. Área Cultivada y Área Disponible .....	62
8.4.5. Marco legal .....	62
8.4.5.1. Marco Legal en Colombia – Estímulos Tributarios .....	63

8.4.5.2.	Marco Legal en Colombia – Requisitos De Calidad Del Combustible	65
8.4.5.3.	Marco legal en Colombia - precios .....	65
8.4.5.4.	Marco Legal en Colombia – Reglamentación Técnica .....	66
9.	BIOCOMBUSTIBLE –GASOLINA .....	66
9.1.	NIVELES.....	66
9.2.	CONSUMO VEHICULAR.....	67
9.3.	ÁREA NECESARIA PARA EL CONSUMO .....	69
9.4.	ÁREA DISPONIBLE .....	70
10.	BIOCOMBUSTIBLES Y GASES DE EFECTO INVERNADERO. ....	70
11.	PROBLEMAS AMBIENTALES EN EL USO DEL ETANOL .....	71
11.1.	Medio Ambiente .....	72
12.	RESULTADOS.....	75
12.1.	CONPES 3510 .....	75
12.2	GUÍAS AMBIENTALES DEL MINISTERIO DE MEDIOAMBIENTE .....	76
12.3	EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE LA SOSTENIBILIDAD. (ECSR .V 1.).....	103
15.	RECOMENDACIONES .....	123
16.	CONCLUSIONES.....	125
17.	BIBLIOGRAFÍA.....	127
18.	ANEXOS.....	130



## Índice de tablas

Tabla 1: Análisis Comparativo De Métodos General.....	52
Tabla 2: Producción mundial de bioetanol. ....	53
Tabla 3: Producción de bioetanol en la unión europea.(Smith et al., 2013) .....	56
Tabla 4: Consumo De Combustible En Colombia.....	68
Tabla 5: Calculo de gasolina consumida en Colombia por año.....	69
Tabla 6: Área Necesaria De Consumo .....	69
Tabla 7 : Adecuación y Preparación. ....	77
Tabla 8: Mantenimiento del cultivo. ....	80
Tabla 9: Mantenimiento del cultivo. ....	83
Tabla 10: Riego. ....	85
Tabla 11: Aplicación de Maduradores.....	89
Tabla 12: Quema programada de caña. ....	92
Tabla 13: Corte, Alce y Transporte.....	95
Tabla 14: Generación de vapor.....	97
Tabla 15: Lavado y preparación de caña. ....	100
Tabla 16: Identificación de aspecto e impacto ambientales. ....	102
Tabla 17: Caña de azúcar: Requerimientos de energía para la preparación de la tierra. ....	112
Tabla 18: Consumo de energía de la cosecha manual y mecánica. ....	113
Tabla 19: Sector Económico.....	117
Tabla 20: Sector Ambiental.....	120

## Índice de figuras

Figura. 1. Esquema de producción el campo a partir de la caña de azúcar.....	28
Figura. 2: Esquema de producción cosecha.....	31
Figura. 3. Esquema de producción del etanol a partir de la caña de azúcar.....	33
Figura. 4. Esquemas de producción de etanol a partir de la yuca. ....	36
Figura. 5. Esquema de producción molienda en seco. ....	37
Figura. 6. Esquema de producción de etanol a partir del maíz molienda húmeda.....	40
Figura. 7. Esquema de producción del etanol a partir de la remolacha. ....	43
Figura. 8. Producción mundial de bioetanol.....	53
Figura. 9. Produccion de bioetanol en el 2013 en Colombia.....	61
Figura. 10. Consumo De Combustible. ....	68
Figura. 11. Etapa agricola .....	106
Figura. 12. Grafica etapa agricola .....	106
Figura. 13. Etapa de procesamiento .....	107
Figura. 14. Grafica etapa de procesamiento.....	108
Figura. 15. Etapa de distribución y uso.....	109
Figura. 16. Grafica de la etapa distribución y uso.....	109
Figura. 17. Rendimiento De Etanol Por Litros /Hectarea.....	118
Figura. 18. Rendimiento Energético.....	118
Figura. 19. Precio litro de etanol.....	119
Figura. 20. Consumo de agua por año.....	120
Figura. 21. Reducción De Emisiones CO <sub>2</sub> En El Uso Como Combustible.....	121
Figura. 22. Generación De Empleo Por Hectáreas. ....	122

---

## ANEXOS

Anexo. 1. Beneficios en sostenibilidad energética.....	130
Anexo. 2 Beneficios en generación de empleos .....	131
Anexo. 3. Productividad promedio de bioetanol por área para diferentes cultivos. ....	132

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años numerosos países, industrializados y en desarrollo, han implementado ambiciosos objetivos y políticas para promover el desarrollo de industrias de biocombustibles significativas. En los países industrializados, las razones primarias tras promover su desarrollo han sido el impulso de sus sectores agrícolas, razones a las cuales en los últimos años se les han ido sumando objetivos de mitigación de gases invernaderos. Los países en desarrollo, incluyendo a los de América Latina y el Caribe (ALC), ven en los biocombustibles una forma de abordar una serie más amplia de objetivos de política, que abarca desde seguridad energética a mejoras en el resultado de la balanza de pagos, pasando por el desarrollo rural, la promoción de exportaciones y el cumplimiento de objetivos ambientales.(Dufey, 2011)

La producción y uso de los biocombustibles solo es sostenible si lo es también la producción de la materia prima para su elaboración, es por esto que los impactos no solo se deben tener en cuenta en su uso, sino también a lo largo del proceso de elaboración, lo que implica: cultivo de materia prima, cosecha, transporte, procesamiento, almacenamiento y uso final, este trabajo pretende proporcionar elementos para la sostenibilidad en la producción y uso de los biocombustibles, más específicamente en el caso del etanol en Colombia.

## 2. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción de biocombustible al principio se planteó como una solución a la crisis energética o como una sustitución de los combustibles derivados del petróleo, pero ahora son considerados como una fuerza negativa. Lo que prometía disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero e impulsar el desarrollo de las zonas rurales, lo que provoco fue la creación de una legislación para promover la producción y uso de los biocombustible, hoy en día tiene Estados Unidos como el mayor productor y Brasil como el segundo productor a nivel mundial.

Es bien cierto que en nuestro país ha crecido el índice de contaminación ambiental por el uso de fertilizantes o plaguicidas, perdida de suelos, costo de tratamientos de desperdicio o desechos como: bagazo, vinaza causado por la cadena productiva del ciclo de vida en la obtención del etanol, a través de la caña de azúcar, desde el ampo hasta su uso como combustibles. Esto afecta, altera y pone en riesgo la vida humana, debido a todos los requerimientos que necesitan estos cultivos para que sean un éxito.

Con esta guía lo que se pretende es disminuir los impactos ambientales causados en cada fase de producción del etanol, de esta manera la sociedad podrá entender el daño que nosotros mismos nos estamos causando.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Los biocombustibles son una realidad hoy en día a nivel mundial, y existe muy poca o ninguna ley ambiental que regule la producción y el uso de estos, factores claves como la cantidad de terreno que se debe destinar al cultivo para esta actividad sin que afecte la producción de alimentos, o que materia prima se debe utilizar, no están definidos; lo que hace que cada día, más y más tierras se están dedicando a esta actividad.

En Colombia para el año 2012 la totalidad de terreno sembrado en caña de azúcar (aunque no toda destinada a la producción de etanol) fue de 227.478 hectáreas y se produjeron 362,14 millones de litros de etanol, donde los departamentos con mayor producción son Valle del Cauca, Cauca y Risaralda, además existen 299.953 hectáreas sembradas de palma de aceite en producción y se produjeron para el año 2012, 489.991 toneladas de biodiesel (*fedebiocombustibles*); sin una ley que oriente esta producción las cifras de continuaran en aumento.

Existe normatividad, pero solo para estimular el uso de biocombustibles, leyes como la Ley 693 de 2001 donde se establece que tanto la gasolina como el diesel deben contener un porcentaje de biocombustibles. Es por ello que se hace necesaria una guía ambiental que regule tanto la producción como el uso de los biocombustibles, al igual que en otros sectores productivos.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. General

Proponer elementos de sostenibilidad para la producción y uso de biocombustibles, tomando como base las mejores prácticas que reducen el impacto ambiental.

### 4.2. Específicos

- ✓ Formular una guía ambiental para la producción y el uso de biocombustibles.
- ✓ Identificar los posibles impactos ambientales que se presentan, en el análisis ciclo de vida del etanol desde su cultivo hasta su uso como combustible.
- ✓ Elaborar una herramienta que permita evaluar el cumplimiento de los elementos de sostenibilidad para la producción y uso de etanol como combustible.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1. BIOCOMBUSTIBLES.

Los biocombustibles son recursos energéticos procesados por el ser humano a partir de materias producidas recientemente por seres vivos, a las cuales se les denomina “biomasa”. Pueden ser líquidos, sólidos o gaseosos, y su finalidad última es liberar la energía contenida en sus componentes químicos mediante una reacción de combustión. Existen varios tipos de biocombustibles, a los cuales se les clasifica de acuerdo al insumo o materia prima y a la tecnología empleada para producirlos (Álvarez Maciel, 2009).

#### 5.1.1. Primera generación.

Algunos de los insumos son de procedencia agrícola y están conformados por las partes alimenticias de las plantas, las cuales tienen un alto contenido de almidón, azúcares y aceites. Ejemplos de estas materias son el jugo de la caña de azúcar, granos de maíz, jugo de la remolacha o betabel, aceite de semilla de girasol, aceite de soya, aceite de palma, aceite de ricino, aceite de semilla de algodón, aceite de coco, aceite de maní o cacahuate, entre otros. También se emplean como insumos a las grasas animales, grasas y aceites de desecho provenientes de la cocción y elaboración de alimentos, y desperdicios sólidos orgánicos (Álvarez Maciel, 2009).

Los biocombustibles son producidos empleando tecnología convencional como la fermentación (para azúcares y carbohidratos), transesterificación (para los aceites y grasas), y la digestión anaerobia (para los desperdicios orgánicos). De estos procesos se obtiene etanol, metanol y n-butanol (a partir de azúcares), biodiesel (a partir de los aceites), y biogás (mezcla de metano y anhídrido carbónico, también conocidos como gas natural y dióxido de carbono



respectivamente, obtenida a partir de los desperdicios orgánicos). Las ventajas de estos biocombustibles son su facilidad de procesamiento, sus bajas emisiones de gases de efecto invernadero (excepto en el caso del maíz, donde el balance de estas emisiones es casi nulo) y un balance positivo en dichas emisiones, pero tiene como desventaja el desvío de recursos alimenticios hacia la producción de energéticos (Álvarez Maciel, 2009).

### **5.1.2. Segunda generación.**

Los insumos son residuos agrícolas y forestales compuestos principalmente por celulosa. Ejemplos de ellos son el bagazo de la caña de azúcar, el rastrojo de maíz (tallo, hojas y olote), paja de trigo, aserrín, hojas y ramas secas de árboles, etcétera. Los procesos de producción tienen un nivel de complejidad más alto que los de primera generación, y como ejemplos destacan la sacarificación-fermentación y el proceso Fischer-Tropsch. Este último proceso también recibe los nombres de proceso GTL y proceso BTL, cuyas siglas en inglés provienen de “Gas-To-Liquids” y “Biomass-To-Liquids” respectivamente, los cuales consisten en la gasificación del carbón y de la materia lignocelulósica de la biomasa, para después sintetizar algún combustible líquido como el etanol. Mediante los procesos de segunda generación se fabrica etanol, metanol, gas de síntesis (mezcla de anhídrido carbonoso, mejor conocido como monóxido de carbono, e hidrógeno), biodiesel, 2.5-dimetilfurano (DMF), entre otros. La ventaja principal en la producción de estos biocombustibles es la inexistencia de desviaciones de alimentos provenientes de la agricultura hacia el sector energético, pero su desventaja es la poca ganancia en disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero durante el procesamiento de los insumos, respecto a los biocombustibles de primera generación (Álvarez Maciel, 2009).

### **5.1.3. Tercera generación.**

Los insumos son vegetales no alimenticios de crecimiento rápido y con una alta densidad energética almacenada en sus componentes químicos, por lo que se les denomina “cultivos energéticos”. Entre estos vegetales están los pastos perennes, árboles y plantas de crecimiento rápido, y las algas verdes y verdeazules. (Álvarez Maciel, 2009)

Los procesos de obtención de biocombustibles se encuentran en fase de desarrollo, sin embargo, se ha logrado producir biodiesel y etanol a nivel planta piloto. (Álvarez Maciel, 2009)

Las ventajas de estos biocombustibles son el secuestro de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) para la producción de los insumos y un balance positivo en la emisión de gases de efecto invernadero, pero su desventaja es la utilización de tierras de cultivo de alimentos para sembrar los insumos, con excepción de las algas verdes. (Álvarez Maciel, 2009)

### **5.1.4. Tipos de biocombustibles.**

Los biocombustibles se pueden clasificar según la fuente y el tipo. Se derivan de productos forestales, agrícolas y pesqueros o desechos municipales, así como de subproductos y desechos de la agroindustria, la industria alimentaria y los servicios alimentarios. Pueden ser sólidos, como la leña, el carbón vegetal y los gránulos de madera; líquidos, como el etanol, el biodiesel y el aceite de pirolisis, o gaseosos, como el biogás. También se hace una distinción elemental entre biocombustibles primarios (sin elaborar) y secundarios (elaborados). (FAO, 2008b).

#### **5.1.5. Biocombustibles primarios.**

Los biocombustibles primarios, como la leña, las astillas y los gránulos de madera son aquellos en los que el material orgánico se usa esencialmente en su forma natural (tal como se han recogido). Este tipo de biocombustible es de combustión directa y en general se usa para satisfacer la demanda de combustible para cocinar o generar calefacción o electricidad en aplicaciones industriales en pequeña y gran escala.(FAO, 2008b).

#### **5.1.6. Los biocombustibles secundarios.**

En forma sólida (por ejemplo, el carbón vegetal), líquida (por ejemplo, el etanol, el biodiesel y el biopetróleo), o gaseosa (por ejemplo, el biogás, el gas de síntesis y el hidrógeno) pueden usarse en un número mayor de aplicaciones, como el transporte y procesos industriales a altas temperaturas.(FAO, 2008b)

#### **5.1.7. Biocombustibles líquidos.**

Los biocombustibles líquidos son alcoholes, éteres, aceites y otros compuestos químicos, producidos a partir de biomasa, tal como las plantas herbáceas, oleaginosas y leñosas, residuos de la agricultura y actividad forestal, y una gran cantidad de desechos industriales, como los desperdicios y los subproductos de la industria alimenticia. Las principales formas de utilización de los biocombustibles son: la combustión de la biomasa o de una versión convertida (gasógeno, metano etc.) para producir calor aplicable a la calefacción urbana, a procesos industriales o a la generación de electricidad, y la carburación en motores térmicos, tanto de explosión como de combustión interna(Rubió, 2005)

## 5.2. ETANOL COMO COMBUSTIBLE

Es un alcohol elaborado mediante fermentación de productos azucarados (la caña de azúcar y la remolacha). También puede obtenerse de los granos de cereales (trigo, cebada, sorgo dulce y maíz), previa hidrólisis o transformación en azúcares fermentables del almidón contenido en ellos. Pueden utilizarse en su obtención otras materias primas menos conocidas como el sorgo dulce y la patata (Rubió, 2005).

El bioetanol se utiliza en vehículos como sustitutivo de la gasolina, bien como único combustible o en mezclas que, por razones de miscibilidad entre ambos productos, no deben sobrepasar el 5-10% en volumen de etanol en climas fríos y templados, pudiendo llegar a un 20% en zonas más cálidas.(Rubió, 2005).

El etanol combustible es caracterizado como un líquido incoloro, de olor ardiente, fácilmente inflamable, de llama azulada, muy higroscópico. Es utilizado anhidro o hidratado. El etanol anhidro posee menos de un 0,1% de agua en su composición, siendo más adecuado para la mezcla carburante con la gasolina.(Machado, 2010)

## 5.3. BIODIESEL.

El biodiesel es un combustible de origen vegetal que puede reemplazar al tradicional combustible de origen fósil, diesel o ACPM.(Jaime, 2009).

El biodiesel, está formado por un grupo de biocarburantes que se obtienen a partir de grasas animales y aceites vegetales como soja, (principal cultivo de oleaginosas en Argentina) colza y girasol (principales cultivos de oleaginosas en la Unión Europea). Los biodiesel son metilesteres de los aceites vegetales obtenidos por reacción de los mismos con metanol, mediante reacción de transesterificación, (Rubió, 2005).

#### 5.4. VENTAJAS DEL ETANOL COMO COMBUSTIBLE.

- ✓ Proporcionan una fuente de energía prácticamente renovable y por lo tanto inagotable.
- ✓ Revitalizan las economías rurales y generan empleo al favorecer la puesta en marcha de un nuevo sector en el ámbito agrícola.
- ✓ El CO<sub>2</sub> que se produce en la combustión, lo fija antes la planta de la atmósfera en su crecimiento, con lo que disminuye el efecto invernadero.
- ✓ Disminuyen la dependencia, de los países agro-productores, del abastecimiento de combustibles fósiles por parte de los países productores de petróleo (en términos de macroeconomía).
- ✓ Son menos inflamables que la gasolina, por lo tanto más seguros (Rubió, 2005).
- ✓ Alto número de octano, lo que reduce las emisiones de monóxido de carbono y no contamina las fuentes de agua superficiales.
- ✓ Su empleo favorece el aprovechamiento de materias primas y recursos renovables nacionales como la caña de azúcar, la yuca, el sorgo, etc., incluyendo, además, la gran cantidad de residuos lignocelulósicos que tienen posibilidad de transformarse en alcohol etílico.
- ✓ Puede posibilitar que se fomente el comercio y el empleo en las zonas rurales deprimidas, pues se contrarresta la migración hacia los centros urbanos. Una de las principales consecuencias es el aumento en el valor que reciben los productores de bienes básicos agrícolas por su producción, lo cual también tiene efectos sobre el costo vida.(Ariel & Alzate, 2009).

- ✓ Los biocombustibles son biodegradables, el 85% se degrada en aproximadamente 28 días, mientras que los combustibles fósiles pueden durar años para degradarse.(Ministerio de Minas y Energía República de Colombia, 2007).

## 5.5. DESVENTAJAS DEL ETANOL

- ✓ Tiene gran necesidad de espacios de cultivo dado el bajo rendimiento en combustible, supuesto un contenido de azúcar del 40% extraído de la cultivación de caña originaria, se obtiene de sus melazas un 18% de alcohol como máximo, y finalmente solo el 7% de combustible del total del cultivo inicial.
- ✓ Causan la potenciación de monocultivos intensivos, con el consiguiente uso de pesticidas y herbicidas que terminan dañando otras especies y contaminando las aguas así como afectando la biodiversidad biológica.
- ✓ A causa de que el combustible precisa de una transformación previa compleja (fermentación y destilación), se libera en el proceso CO<sub>2</sub> neto que no es fijado por la planta (remolacha, sorgo, maíz, etc.); esto se manifiesta en menor medida en el caso de la caña al usarse los restos como material energético.
- ✓ Se incrementan las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y aldehídos (Rubió, 2005).
- ✓ Su producción es más costosa que la obtención de gasolina a partir del petróleo.

- ✓ La gasolina mezclada con etanol conduce la electricidad y su presión de vapor de Reid (RVP) es más alta, lo que implica una mayor volatilización, que puede contribuir a la formación de ozono y de smog.
- ✓ La tendencia a que se formen dos fases líquidas en presencia de agua: una fase acuosa con presencia de etanol y otra fase orgánica que contiene los hidrocarburos que componen la gasolina.
- ✓ En el caso del etanol producido por el sector azucarero, existe el riesgo de que en dependencia de la coyuntura del mercado interno y externo del azúcar los ingenios azucareros puedan optar por la disminución de la producción de etanol cuando los precios del azúcar sean especialmente altos en el contexto internacional.
- ✓ Otro de los grandes temores cuando se implementa un programa de oxigenación de la gasolina con etanol es la presión que puede generar sobre los precios de los alimentos relacionados con las materias primas para la producción de etanol, como por ejemplo el azúcar, la panela y el maíz. (Ariel & Alzate, 2009).

## **5.6. PRINCIPALES RESIDUOS GENERADOS EN LA PRODUCCIÓN DE ETANOL.**

### **5.6.1. Residuos agrícolas de cosecha (punta o flores, hojas o tlazole y cogollos).**

Los residuos agrícolas cañeros (RAC) o basura de la caña se definen como el conjunto formado por las hojas secas, punta, las hojas verdes y el tallo verde del cogollo, que se quedan en el campo y que proporcionan materia para la elaboración de diversos derivados. Hasta la fecha, el uso de los residuos agrícolas

de la cosecha es muy bajo y poco se les aprovecha, prefiriéndose su quema en la cosecha de caña, debido a que la utilización de los residuos cañeros con fines de diversificación no está generalizada, ya que depende de ciertos factores, entre los que se destaca la ausencia de una estimulación económica, la falta de empresas de procesamiento y compradores, la cultura tecnológica, el efecto en el medio ambiente y la resistencia al cambio; a esto se le añade su baja densidad, lo que implica la necesidad de manejar grandes volúmenes para su abastecimiento y la generalización de su empleo se hace más difícil. (Pérez et al., 2002) citado en (Anguilar, Rodríguez lagunes, & Castillo Morán, 2010)

### **5.6.2. Bagazo de caña.**

El bagazo es el residuo del proceso industrial de fabricación del azúcar, siendo el remanente de los tallos de caña después de ser extraído el jugo azucarado que ésta contiene por los molinos del ingenio; se divide en bagazo integral (whole bagasse), y éste a su vez en medula o meollo (pith) y fibra verdadera (fiber). Dentro de este contexto, el bagazo de caña es un residuo fibroso potencial para la producción de derivados que se encuentra disponible en grandes cantidades y presenta una composición química muy similar a madera.

Sin embargo, el uso tradicional y más difundido es la producción de vapor mediante su combustión en las calderas del propio ingenio azucarero; esto representa alrededor de 50 a 100% del bagazo que se genera en el proceso de ingenio azucarero. El resto, de generarse, es factible de emplearse en otras aplicaciones. (Anguilar et al., 2010)

### **5.6.3. Lodo de los Filtros o Cachaza**

La cachaza, lodo de filtros o torta de filtro es el principal residuo de la industria del azúcar de caña, y su precio relativamente bajo la hace atractiva frente a otros productos orgánicos, produciéndose de 30 a 50 kg por tonelada de materia



prima procesada, lo cual representa entre 3 y 5 % de la caña molida. Este porcentaje y su composición varían con las características agroecológicas de la zona, la eficiencia de fábrica, el método de clarificación empleado, entre otros factores; la cachaza es producida durante la clasificación que se hace al jugo de caña en la industria azucarera. Se recoge a la salida de los filtros al vacío, presentando aproximadamente un 25% de materia seca. Este material contiene muchos de los coloides de la materia orgánica originalmente dispersa en el jugo, conjuntamente con aniones orgánicos e inorgánicos que precipitan durante la clarificación. (Anguilar et al., 2010).

#### **5.6.4. Vinazas de Destilería**

Las mieles de caña fermentadas y posteriormente destiladas producen un residuo industrial en forma de aguas residuales aprovechable llamado vinaza, que tiene un serio problema relacionado con el alto contenido de materia orgánica. La vinaza es un líquido brillante, de color pardo oscuro, naturaleza ácida, olor característico a miel de caña y sabor a malta; en términos del volumen producido se estima que, por cada litro de alcohol obtenido a partir de mosto de melaza, se generan alrededor de 10 a 13 litros de vinaza; su composición química promedio es muy similar a aquellas obtenidas de la destilación de mieles de remolacha.(Anguilar et al., 2010)

### **5.7. MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DEL ETANOL**

El biocombustible más atractivo a nivel mundial es el etanol, como fuente de energía para el sector automotriz; actualmente existen dos países que son potencia a nivel mundial en la producción de bioetanol, que son Estados Unidos que produce el biocombustible a partir de maíz y Brasil cuya materia prima es la caña de azúcar.

## 6. PROCESO EN CAMPO A PARTIR DE LA CAÑA DE AZÚCAR.

(Asocaña, 2010).

En esta sección se incluyen todas las actividades de campo desarrolladas tanto por cultivadores independientes o proveedores en sus tierras y por los ingenios, en las tierras que son manejadas y administradas por ellos. A continuación describe el proceso en el campo. Antes de esto se tiene en cuenta como primera medida la adecuación de la tierra, los estudios básicos, diseños de campos y nivelación del terreno.

**Descepada:** Consiste en la destrucción e incorporación al suelo de los residuos de cultivos anteriores. Cuando los lotes son nuevos, generalmente estos residuos son de pastos y cultivos estacionales, y cuando son de cultivo de caña están formados por trozos de cepas y residuos vegetales de la cosecha. La calidad de la labor depende del grado de destrucción e incorporación de los residuos al suelo, y de ella, además de la germinación del cultivo, depende el rendimiento en la ejecución de otras labores posteriores como la nivelación con tractores de oruga y traíllas, la cual a veces se dificulta por la presencia de residuos en el suelo.

**Nivelación:** Consiste en la modificación del relieve superficial mediante cortes y rellenos, hasta conseguir pendientes uniformes que faciliten las labores de riego, drenaje superficiales y la ejecución de otras labores culturales necesarias para el desarrollo y cosecha del cultivo.

**Subsolada:** Se ejecuta después de la nivelación. Consiste en fracturar el suelo hasta una profundidad de 60 cm, con el fin de destruir las capas compactadas o impermeables, y de esta manera, mejorar la estructura y movimiento del aire y agua.

**Arada:** Se realiza después del segundo paso de subsolado. Tiene como objetivo fracturar y voltear el suelo hasta una profundidad entre 30 y 40 cm, con el fin de favorecer la distribución de los agregados.

**Rastrillado:** Se realiza para destruir los terrones grandes resultantes en las labores antes descritas, y garantizar el buen contacto entre la semilla y el suelo.

**Surcada:** Consiste en hacer surcos o camas donde se coloca la semilla o material vegetativo de siembra. Esta labor requiere definir previamente la dirección y el espaciamiento entre los surcos. La calidad de la surcada depende, en gran parte, de la calidad de la preparación del suelo.

**Tratamiento de semilla:** Se realiza una desinfección (por lo general con un fungicida) o un tratamiento térmico sumergiéndola en un baño de agua a 51°C durante por lo menos 1 hora, para eliminar virus y patógenos que estén presentes.

**Siembra:** Existen dos tipos de semilla: los esquejes plántulas. Los primeros son trozos de caña entre 40 cm y 60 cm, aptos para siembras comerciales. Las plántulas se utilizan para lotes de multiplicación de material vegetativo. Cualquiera que se utilice, se coloca en trozos a una profundidad de 5 a 10 centímetros. Se mantienen húmedas para evitar la deshidratación.

**Control de malezas:** Consiste en eliminar toda planta que crece fuera de su sitio e invade el cultivo de caña en el cual causa más perjuicio que beneficio. Se utilizan 3 tipos: El método manual, el mecánico y el químico (herbicidas de contacto y reguladores de crecimiento hormonales). El primero se utiliza para limpieza de socas y de plantillas. El segundo y el tercero para cultivos extensos de caña.

**Control de plagas:** Consiste en eliminar y controlar las plagas que perforan la caña de azúcar, mediante insectos criados directamente en laboratorios

especializados. Por ser la caña un alimento, se utiliza el control de plagas, el cual es realizado a través de control biológico.

**Riego:** El riego consiste en la aplicación de agua a un cultivo en el momento oportuno y en la cantidad requerida. El objetivo del riego en la caña de azúcar es el crecimiento de la planta para que produzca la mayor cantidad de sacarosa posible. Los requerimientos de agua son altos, por lo cual el agua debe ser suministrada en forma oportuna y en la cantidad requerida. La cantidad de agua requerida durante el ciclo de cultivo puede oscilar entre 85 y 100 mm mensuales, lo cual significa que en un período de cultivo de 13 meses se necesitan 1.100 a 1.300 mm (Asocaña, 2010)

**Figura. 1.** Esquema de producción el campo a partir de la caña de azúcar.



**Fuentes:** Elaboración propia citada de (Asocaña, 2010).

## 6.1. PROCESO EN COSECHA A PARTIR DE LA CAÑA DE AZÚCAR (Asocaña, 2010).

**Aplicación de madurador:** Consiste en la aplicación unos dos meses antes del corte, de agentes para disminuir el ritmo de crecimiento, acortar el período vegetativo de la planta y a la vez acelerar la concentración de sacarosa en la caña. Esta práctica se realiza por medio de fumigación aérea, utilizando agentes maduradores siendo los más comunes el glifosato, agentes hormonales y productos bióticos. Las cantidades utilizadas no exceden un litro por hectárea.

Igualmente, son muy utilizados productos bióticos como los abonos foliares, los cuales también actúan como agentes maduradores. La aplicación aérea se realiza respetando las franjas de protección establecidas por las autoridades competentes.

**Quema programada:** Se realiza en forma programada cuando el contenido de sacarosa es óptimo en la caña, utilizando quemadores manuales o quemadores de tractor (lanza - llamas). Los primeros funcionan por goteo, dejando caer gotas de combustible (gasolina) encendidas que prenden fuego a la caña.

Los segundos, utilizan ACPM (Diesel) para generar llama. Esta práctica se realiza para facilitar el corte de la caña y eliminar malezas. Las quemas se realizan en las suertes, las cuales se dividen en tablones (cultivos con áreas entre tres y seis hectáreas), separados por callejones de unos 8 metros de ancho, que sirven como corredores cortafuegos y permiten la circulación de la maquinaria. La quema de un tablón tiene una duración de 15 a 30 minutos, cuando se queman áreas menores a 6 Hectáreas.

**Corte de caña manual:** El Corte Manual puede ser: quemado y en verde. El corte de caña quemado se hace por parte de corteros que utilizan dos pases, uno para cortar la base de la caña y otro para cortar el cogollo. La caña es luego

colocada en chorras o montones alineados para que luego sea alzada con uñas mecánicas. Un cortero en promedio puede cortar del orden de 5 a 6 ton / día. El corte de caña en verde puede ser sucio o limpio. El corte verde sucio utiliza tres pases, el pase adicional quita algo de hojas. Se arruma de igual forma a la caña quemada. El corte verde limpio, tiene por lo menos dos pases de limpieza para asegurar que se remuevan todas las hojas.

**Corte mecánico:** El corte mecánico puede realizarse para caña en verde o caña quemada. Las máquinas cosechadoras cortan un surco por pasada, pican la caña y mediante ventiladores, por diferencia de densidad, la separan de las hojas. El rendimiento está entre 20 y 30 ton / hora. Las hojas quedan esparcidas uniformemente sobre el campo. La cosechadora entrega la caña directamente a vagones, que la reciben picada para transportarla a fábrica.

**Alce y transporte:** La caña cortada manualmente se carga en vagones transportadores utilizando alzadoras mecánicas. Entre menor sea el tiempo que transcurre entre quema, o corte, y fábrica se logra mayor eficiencia en el proceso. Lo ideal es que este tiempo no sea mayor de 36 horas para evitar pérdidas de sacarosa en la planta.

**Requema:** Esta actividad sólo es permitida en áreas que van a ser renovadas, no ubicadas en zonas de restricción. Consiste en la destrucción por medio de quema de los residuos de un cultivo de caña que quedan después de la cosecha. Esta actividad se hace en forma programada y con apoyo de información de las estaciones meteorológicas sobre velocidad y dirección de vientos. No pueden requemarse aéreas mayores a 6 ha.

**Figura. 2:** Esquema de producción cosecha.

**Fuentes :** Elaboración propia citada de (Asocaña, 2010).

## 6.2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE LA CAÑA DE AZÚCAR. (Cardona et al., 2005).

El proceso de la obtención del etanol a base de caña de azúcar comienza primero con la extracción del jugo y su acondicionamiento luego se procede con la fermentación, seguido de la separación y deshidratación por medio de operaciones unitarias y por últimos tratamientos de sus efluentes como se describe a continuación.

**Acondicionamiento :** consiste en un lavado inicial de la caña con agua a 40°C y posteriormente una molienda o trituración donde se extrae el jugo azucarado con agua a 60°C, retirando como subproducto el bagazo con un contenido de fibra de alrededor del 46% que puede ser utilizado en la generación

de vapor. El jugo de caña obtenido se somete a un proceso de clarificación en el que se le agrega oxido de calcio y una pequeña porción de ácido sulfúrico con el fin de disminuir el pH a 4,5 y provocar la hidrólisis de la sacarosa en hexosas.

**Fermentación:** en esta etapa se lleva a cabo la fermentación de la glucosa y una parte de la fructosa en etanol y dióxido de carbono, mediante la levadura *saccharomyces cerevisiae* que es continuamente recirculada desde una centrifuga ubicada aguas abajo del fermentador. Además de la producción de etanol se tuvo en cuenta la producción en forma estequiometria de biomasa y otras sustancias como acetaldehído, glicerol y alcoholes de fusel. Los gases formados en la fermentación son retirados y enviados a una torre de absorción en la cual se debe recuperar el 98% en masa del etanol arrastrado.

**Separación y deshidratación:** La destilación y la absorción con tamices moleculares se usan para recuperar el etanol del caldo de fermentación obteniéndose etanol a 99,5% en peso de pureza. La destilación se lleva a cabo en dos columnas, la primera remueve el CO<sub>2</sub> disuelto (que es enviado a la torre de absorción) y la mayoría del agua obteniéndose un destilado con 50% en peso de etanol y unos fondos con una composición inferior a 10, 1% en peso; en esta columna se alimenta junto al caldo de fermentación el etanol recuperado en la absorción proveniente de los gases de fermentación. La segunda columna concentra el etanol hasta una composición cercana a la azeotrópica.

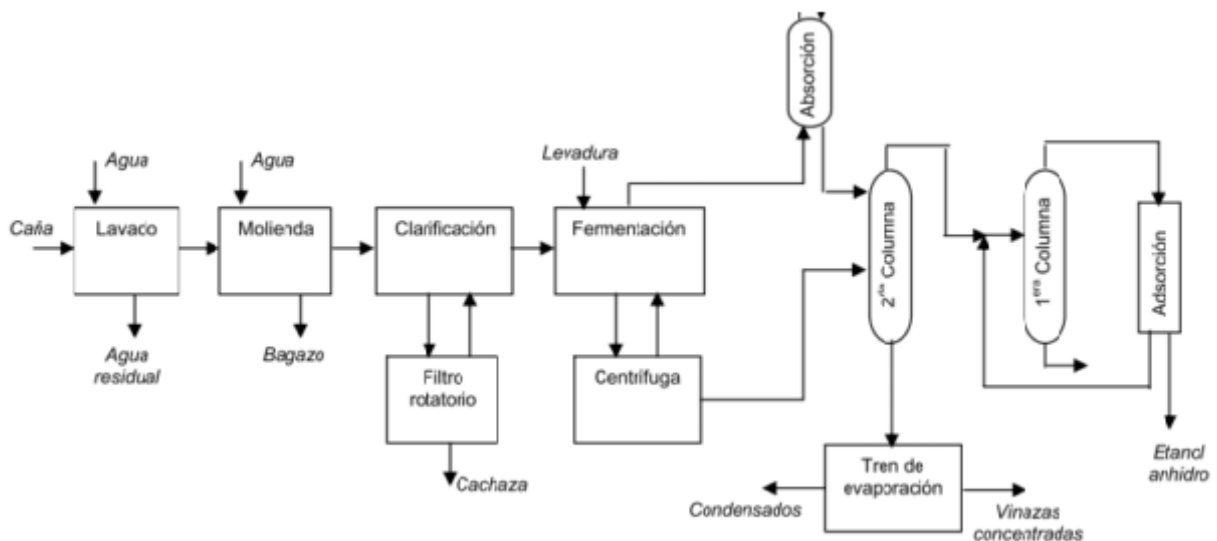
El agua restante es removida de la mezcla mediante absorción en fase vapor en dos lechos de tamices moleculares. El producto de la regeneración de los tamices es recirculado a la segunda columna de destilación.

**Tratamiento de efluentes:** De las aguas de residuo en el proceso de obtención de etanol a partir de caña de azúcar las de mayor volumen son aquellas que provienen de los fondos de la primera columna de destilación, conocidas como vinazas. El tratamiento propuesto consiste en su evaporación y posterior



incineración. La función del tren de evaporación (cuatro efectos) es concentrar los sólidos solubles y demás componentes poco volátiles presentes en las vinazas hasta un valor cercano al 12% en peso, ya que en esta concentración se hacen aptas para su incineración.

Figura. 3. Esquema de producción del etanol a partir de la caña de azúcar.



**Fuentes :** Citado de (Cardona et al., 2005).

### 6.3. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE LA YUCA (Desarrollo., 2008).

La yuca es un cultivo tropical originario de Suramérica y fue domesticado para alimento hace unos 5.000 años por los grupos de cazadores recolectores del Caribe y de las zonas amazónicas. En Colombia se producen cerca de 2 millones de toneladas de raíces al año, y la región Caribe aporta el 50% del total nacional. La siembra de este producto se adapta a diferentes condiciones geográficas, tolera sequías pues la fisonomía de la planta tiene mecanismos de defensa y puede adaptarse a los cambios climáticos (Díaz, 2012).

La descripción del proceso de la yuca comienza a partir desde la cosecha hasta su desnaturalizado, como se describe a continuación.

**La cosecha:** el material debe ser cosechado en el campo con las cantidades necesarias que garanticen la producción en la planta.

**El transporte:** Una vez cosechada la yuca debe ser transportada a la planta en un plazo no mayor a 48 – 72 horas y en radio de 10 a 15 Km. de la planta, puesto que unos de los problemas que se dan es el deterioro fisiológico post-cosecha del tubérculo.

**Lavado:** una vez transportados los tubérculos a la planta se debe proceder a eliminar los residuos de arena y tierra, esto se lleva a cabo con desinfectantes para evitar la contaminación del material.

**Pelado:** Ya lavada la yuca se procede a retirar la piel exterior, al realizar este proceso se generan 20 Kg. /ton de residuos que se pueden secar y ser transformados en material de compostaje.

**Picado:** Una vez realizados los pasos anteriores el material es sometido a un proceso de picado, aquí se obtiene una pulpa de yuca que puede ser mezclada con efluentes del proceso (lavazas) o con agua para ajustar en contenido de sólidos y se le adicionan enzimas estabilizadoras para el PH.

**Licuefacción:** El almidón es sometido a licuefacción para producir los azúcares a través de las cocinas donde se licueface el almidón. A la mezcla se le agregan componentes químicos (enzimas estabilizadas con calor). En esta etapa se aplica calor para permitir la licuefacción, en una primera etapa a alta temperatura estas altas temperaturas reducen los niveles de bacterias presentes en el almidón.

**Sacarificación:** La masa que sale de la licuefacción es refrescada a una temperatura levemente debajo del punto de ebullición del agua- y se le agrega una enzima secundaria glucoamilasa para convertir las moléculas del almidón licuado en azúcares fermentables dextrosa mediante el proceso de sacarificación. Las enzimas funcionan como catalizadores para acelerar los cambios.

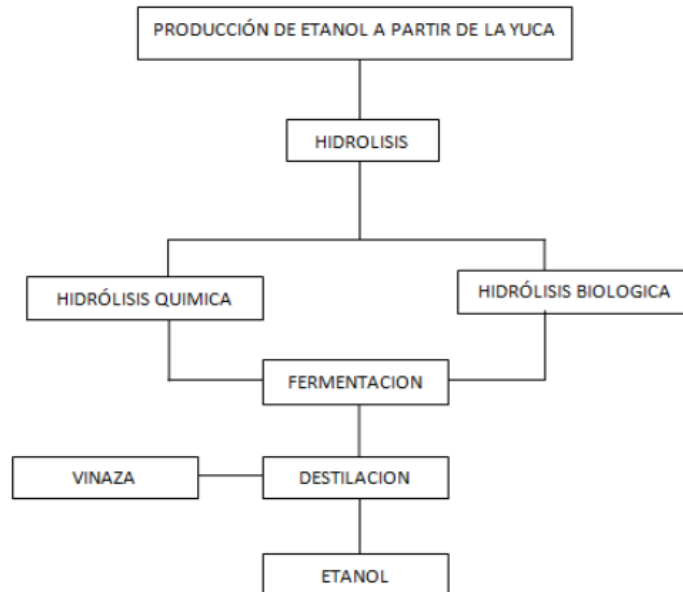
**Fermentación:** El etanol es producto de la fermentación. A la masa sacarificada se le agrega levadura para fermentar los azúcares, cada molécula de glucosa produce dos moléculas de etanol y dos de dióxido de carbono y con ello obtener el etanol y el anhídrido carbónico. Usando un proceso continuo, la masa fluiría a través de varios fermentadores hasta que fermente completamente.

**Destilación:** La masa fermentada, ahora contendrá alcohol -cerca del 15%- y agua -al 85%-, así como todos los sólidos no fermentables de la yuca y de la levadura. La masa entonces será bombeada a un flujo continuo, en el sistema de la columna de destilación, donde se hierve, separándose el alcohol etílico de los sólidos y del agua. El alcohol dejará la columna de destilación con una pureza del 90 al 96%, y el puré de residuo, llamado stillage, será transferido de la base de la columna para su procesamiento como subproducto.

**Deshidratación:** El alcohol pasa a través de un sistema que le quita el agua restante. La mayoría de las plantas utilizan un tamiz molecular para capturar las partículas de agua que contiene el etanol al momento de salir del sistema de destilación. El alcohol puro, sin el agua, se lo denomina alcohol anhidro.

**Desnaturalizado:** El etanol que será usado como combustible se debe desnaturalizar con una cantidad pequeña (2-5%) de algún producto, como nafta, para hacerlo no apto para el consumo humano(Desarrollo., 2008).

Figura. 4. Esquemas de producción de etanol a partir de la yuca.



**Fuentes :** citado de (Desarrollo., 2008).

#### 6.4. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DEL MAÍZ

Los principales países productores de maíz son los Estados Unidos con 282 millones de toneladas, China con 139 millones, la Unión Europea con 48 millones, Brasil con 41 millones y México con 19.2 millones de toneladas, que representan el 2.8% del total mundial (Luis & Fernández, 2012).

Para la producción de etanol a partir del maíz se tiene dos procesos molienda en seco y molienda humedad.

##### 6.4.1. Molienda en Seco. (Donato & Beltrán, 2004).

**Recepción y limpieza:** la materia prima se recibe y se analiza el contenido de humedad, presencia de mohos y apariencia general. Si cumple con los

controles estándar de calidad se envía a un sistema de limpieza y posterior almacenamiento.

**Molienda:** se utiliza un molino de martillo con el propósito de romper el grano facilitando la penetración del agua en la etapa de cocción.

**Licuefacción, sacarificación y fermentación:** son semejantes a las correspondientes en la molienda húmeda, diferenciándose en que el total de los componentes del grano son utilizados en estas etapas.

**Destilación:** se carga el mosto fermentado en la primera columna donde se separa el material sólido depositado en el fondo, continuando las etapas de concentración, purificación y rectificación, coincidiendo estas con las de la molienda en húmedo.

**Figura. 5.** Esquema de producción molienda en seco.



**Fuentes:** Abengoa citado del artículo (Garc, 2006).

#### 6.4.2. MOLIENDA EN HÚMEDO. (Donato & Beltrán, 2004).

**Recepción y limpieza:** la materia prima se recibe y se analiza el contenido de humedad, presencia de mohos y apariencia general. Si cumple con los controles estándar de calidad se envía a un sistema de limpieza y posterior almacenamiento.

**Maceración del grano:** el grano se remoja en tanques por 30-50 horas a temperaturas de 49-54 °C en agua que contiene del 0,1 al 0,2 % de dióxido de azufre, este ayuda a separar el almidón y la proteína soluble y permite prevenir el crecimiento de microorganismos no deseados manteniendo el pH cerca de 4. En el agua de remojo se disuelve un 6% de materia seca utilizable en la alimentación de ganados.

**Molienda gruesa:** se muele el grano ablandado en un molino de fricción y se libera el germen sin fragmentarlo, el cual se separa del resto del grano con hidrociclón, se lava para quitarle el almidón adherido y se deseca para la posterior producción de aceite.

**Molienda fina:** el material restante se muele con molinos de impacto. Con el objetivo de separar el almidón y las proteínas de la fibra. La fibra (salvado) se elimina por tamizado y se lava para quitar el almidón adherido, se escurre (con presión) y se deseca para su utilización como alimento animal.

**Separación del gluten y almidón:** la mezcla almidón-proteínas (gluten) se separa mediante centrifugas continuas. El gluten con un 60 -70% de proteína es centrifugado y secado. Este es utilizado como alimento animal. El almidón es purificado por recentrifugación para reducir el contenido de proteínas a menos de 0.3 %. Este puede ser enviado a la etapa de hidrólisis o secado y modificado químicamente para su venta.

**Licuefacción:** el almidón mezclado con agua de proceso y enzimas (alfa-amilasa), es calentado para permitir la licuefacción a 83 °C. Posteriormente se agregan componentes químicos (nutrientes y regulación de pH) y se esteriliza a 110 °C.

**Sacarificación:** la solución es enfriada a 60 °C tras el agregado de otra enzima (glucoamilasa) que convierte las moléculas de almidón en azúcares simples.

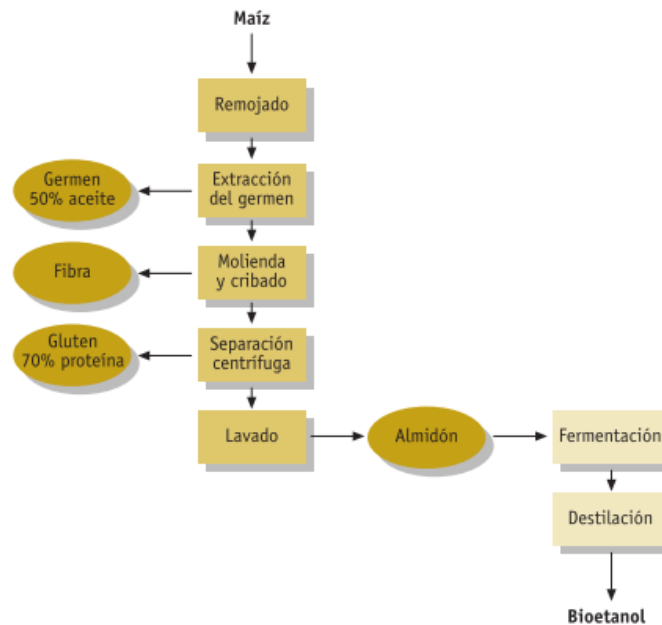
**Fermentación:** al mosto enfriado a 35 °C se le adiciona levadura (*Saccharomyces cerevisiae*). Esta mezcla es fermentada por 2 días donde los azúcares simples son convertidos en etanol y dióxido de carbono.

**Recuperación de la levadura:** el producto de la fermentación se pasa a través de una centrifuga donde se separa la levadura del resto. Esta es concentrada y tratada con ácido para eliminar las bacterias con el objetivo de ser reutilizada.

**Destilación:** el mosto, en una primera etapa, es concentrado hasta un 50-70%. Luego es enviado a una columna de purificación donde se separa por cabeza las impurezas (aldehídos y algunos esteres) y por la parte inferior un líquido residual que es conducido a la columna de rectificación. En esta se obtiene los aceites de fusel situados por ácidos y alcoholes superiores y el etanol azeotrópico.

**Almacenamiento:** el alcohol se condensa y se envía a tanque de almacenamiento.

**Figura. 6.** Esquema de producción de etanol a partir del maíz molienda húmeda.



Fuente: Abengoa.

**Fuente :**Abengoa citado de (Garc, 2006).

## 6.5. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE LA REMOLACHA (Garc, 2006)

Los biocombustibles en el mundo han venido creciendo fuertemente los últimos años despertando gran interés en todos los sectores como el económico, social, ambiental y político. Los altos precios de los hidrocarburos, hacen que los países pobres que no son tan suficientes de abastecer su demanda interna de energías se vean comprometidos a implementar nuevas prácticas para conseguir energía.

La remolacha es una planta de la familia de las quenopodiáceas, la remolacha es una planta bianual. Durante el primer año forma su raíz y constituye las reservas



en cursos del segundo año aparecen sus flores agrupadas en espigas en la extremidad de los tallos (Perez, 2008).

A continuación se describe el proceso de producción del etanol a partir de la remolacha desde la siembra a hasta la finalización del etanol.

**Cosecha:** Las remolachas son obtenidas de cultivos cercanos a la planta de producción, en estos cultivos las personas encargadas de una recolección manual se encargan de arrancar, deshojar y descoronar las remolachas además de su embarque en camiones que transportan la materia prima hasta la planta.

**Pesadas y almacenadas:** Los tubérculos se pesan en una bodega para luego comenzar su transformación. El almacenado del tubérculo no puede exceder más de un día debido a que pierden agua y disminuyen su concentración de azúcares, así solo se almacena la cantidad adecuada y requerida para el proceso.

**Lavado:** De este tanque de lavado salen 2 corrientes. La primera es la corriente de agua de lavado que contiene todo lo retirado de la materia prima, esta corriente es dirigida a través de tuberías y bombas hasta una planta de tratamiento de agua residual. La otra corriente, de interés en el proceso, son los tubérculos ya lavados, estos se retiran del tanque y por otro sistema de bandas transportadoras son llevados a hasta una báscula para su pesado, una vez obtenida la cantidad requerida para el proceso, siguen su camino por las bandas hasta llegar a un molino de cuchillas que reduce su tamaño a trozos entre 2.5 y 5 cm. Los trozos por gravedad caen a un tanque, en este se realizara el proceso de extracción por difusión, la remolacha entra en contacto con agua a una temperatura entre 70 y 75 o C donde se extrae entre 97.5 % y 98 % de los azúcares presentes.

**Extracción de la azúcar:** El azúcar está dentro de la remolacha y tiene que ser extraída. Para extraer el azúcar, la remolacha primero se corta para arriba en rebanadas alargadas. El azúcar entonces es extraída de la remolacha

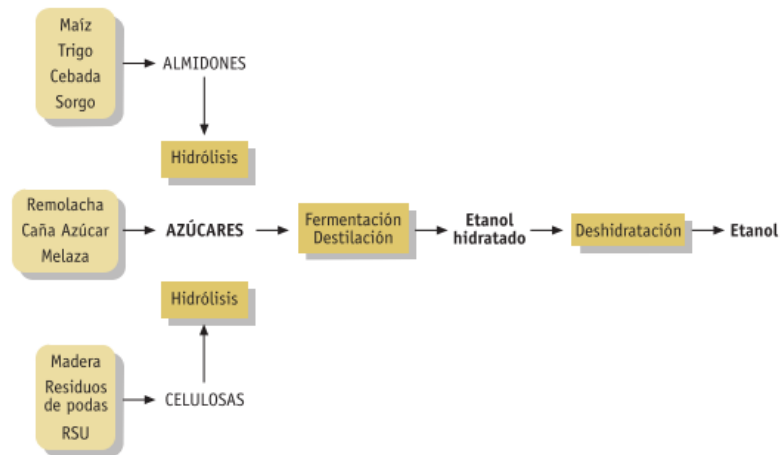
difundiéndola hacia fuera con agua caliente. Esto se hace en un recipiente grande diseñado especialmente para este propósito. Las rebanadas de la remolacha se alimentan adentro continuamente en un extremo y el agua caliente en el otro extremo.

**Hidrolisis acida:** Una vez del líquido se remueven los sólidos presentes, se realiza una hidrolisis acida que permite invertir los azúcares del jugo y prepáralos para la fermentación, esta hidrólisis se realiza utilizando  $H_3PO_4$  diluido. El líquido pasa a un evaporador para aumentar su concentración de azúcares, es decir elevar de 7 o brix a 14 o brix los azúcares del extracto, removiendo el exceso de agua ganado en todo el proceso. El jugo es bombeado por una tubería hasta el fermentador, allí se le adiciona el cultivo microbiano para la fermentación. Una vez terminado el proceso de fermentación, el mosto obtenido pasa a una centrifuga, donde se separan los residuos sólidos generados en la fermentación y purificar el mosto.

**Destilación:** se lleva a cabo en dos columnas, en la primera se remueven los componentes más pesados y el etanol producido tiene un porcentaje en volumen de aproximadamente 70%. En la segunda columna se remueve agua y otros componentes que permiten elevar el contenido de etanol a un 95-96 %.

**Etanol:** Como el producto terminado tiene que ser libre de agua, para ser utilizado como combustible, es necesario un nuevo proceso de separación. Esta vez el fluido es llevado a un sistema de absorción por medio que tamices moleculares que retienen la humedad del etanol y finalmente obtenemos un producto puro con más del 99% en volumen de etanol (Perez, 2008).

**Figura. 7.** Esquema de producción del etanol a partir de la remolacha.



**Fuente** :citado de (Garc, 2006).

## 7. ANÁLISIS COMPARATIVO DE MÉTODOS

En este análisis se describe los métodos comparativos asociados en el sector ambiental, económico, y social. Dentro de la cadena productiva de los biocombustible señala como han venido creciendo durante los últimos años. Debido a la reservas de los hidrocarburos y a los costos altos del petróleo, que no dan para satisfacer la demanda interna del país. La fabricación del etanol genera una gran cantidad de impactos ambientales dentro de su ciclo de vida como fuente de energía, en la utilización de diferentes materias primas como lo son la caña de azúcar, yuca, maíz, remolacha.

Partiendo de una breve descripción de la cadena productiva de los biocombustibles en la fabricación del etanol, en el uso de las diferentes materias primas mencionadas anteriormente genera un impacto significativo en el medio ambiente ejerciendo una presión en la población que genera vertimientos,

emisiones, residuos sólidos, el uso intensivo de los recursos hídricos, deforestación de suelos, fertilizantes plaguicidas.

El objetivo de esta guía de buenas prácticas es que los empresarios del sector azucarero, se integren por completo a un sistema de gestión ambiental, que los ayuden a implementar mejores prácticas agrícolas e identifiquen aquellas etapas productivas del etanol que generan impactos ambientales más significativos.

Por la diversidad de alternativas de materias primas como la caña de azúcar, yuca, remolacha y maíz para la fabricación del etanol, es importante observar que las más adecuadas son aquellas que, en un sentido amplio, se muestran más eficientes. Así, cabe priorizar los cultivos que minimicen los requerimientos de tierra, agua y aportes externos de agroquímicos, entre otros aspectos.

## **7.1. ETANOL A PARTIR DE LA CAÑA DE AZÚCAR. (BNDES, CGEE, 2008).**

### **7.1.1. Sector Económico**

Actualmente, más de 130 países producen azúcar, cuya producción mundial en la zafra 2006/2007 alcanzó las 164,5 millones de toneladas. Cerca del 78% del total fue producido de caña de azúcar cultivada principalmente en regiones tropicales y subtropicales del hemisferio Sur, y el restante utilizó la remolacha azucarera, cultivada en zonas templadas del hemisferio Norte. Como los costos de producción de azúcar de caña son inferiores a los costos a base de remolacha, cada vez más se amplía la fracción producida por los países en desarrollo, a medida que se retiran las barreras comerciales que impiden el libre comercio de ese producto.

De acuerdo con números de la zafra 2006/2007, el agronegocio de la caña de azúcar, que engloba la producción de caña, azúcar y bioetanol, movió en 2007 cerca de R\$ 41 mil millones, correspondientes a facturación directa e indirecta. Se produjeron 30 millones de toneladas de azúcar y 17,5 mil millones de litros de bioetanol (en Brasil), y se exportaron 19 millones de toneladas de azúcar (US\$ 7 mil millones) y 3 mil millones de litros de bioetanol (US\$ 1,5 mil millones), representando un 2,65% del Producto Interno Bruto (PIB). Además de ello, se recaudaron R\$ 12 mil millones en impuestos y tasas, y se realizaron inversiones anuales de R\$ 5 mil millones en nuevas unidades agroindustriales.

Considerando los costos de producción – materia prima, operación, mantenimiento e inversión -, el costo final del bioetanol de caña de azúcar se sitúa entre los US\$ 0,35 y US\$ 0,40 por litro de bioetanol, valores correspondientes al petróleo entre US\$ 50 y US\$ 57 por barril equivalente, con valores significativamente inferiores a los del mercado de este combustible fósil (BNDES, CGEE, 2008).

### **7.1.2. Sector Ambiental**

El uso del etanol de caña de azúcar permite reducir en casi 90% las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo de modo efectivo para mitigar el cambio climático. En las condiciones actuales, por cada millón de metros cúbicos de bioetanol de caña de azúcar empleado en mezcla con gasolina, cerca de 1,9 millón de toneladas de CO<sub>2</sub> dejan de ser emitidos a la atmósfera (BNDES, CGEE, 2008).

Desde el punto de vista de los recursos hídricos, se constata una reducción notable de la captación de agua y lanzamiento de efluentes, superior al 60%, alcanzada mediante la racionalización del uso y la adopción de técnicas de reutilización, mientras que la disposición final de la vinaza en sistemas de fertirrigación permitió aumentar la productividad agrícola y reducir el empleo de

fertilizantes. En cuanto al uso de fertilizantes y defensivos agrícolas, se demostró cómo la caña de azúcar, comparada con otros cultivos de importancia, demanda menor aporte de agroquímicos, sea por el mayor reciclaje de nutrientes, o sea por la amplia adopción de métodos biológicos de control de plagas (BNDES, CGEE, 2008).

### **7.1.3 Sector Social**

Para concluir el análisis de sostenibilidad de la producción de bioetanol de caña de azúcar, desde el punto de vista de las implicaciones sociales, es oportuno demostrar la relevancia de la generación de empleos y renta en esta agroindustria.

En 2005, había 982 mil trabajadores directa y formalmente involucrados con la producción sucroalcoholera. Se estimaba para ese mismo año un total de 4,1 millones de personas trabajando de algún modo dependientes de la actividad de la agroindustria de la caña.

En lo relacionado a la calidad de los empleos, basados en datos de la Encuesta Nacional por Muestra de Domicilios (PNAD) y adoptando como variables el nivel educacional de los empleados, el grado de formalidad del empleo, los rendimientos recibidos en el trabajo principal y los auxilios recibidos por los empleados, se definieron índices cuantitativos que permiten establecer una evaluación objetiva de las condiciones de trabajo e indican mejoras importantes en diversos indicadores socioeconómicos para los trabajadores en la plantación de caña de azúcar en Brasil en los últimos años, como ganancias reales de salarios, aumento y diversificación de los beneficios recibidos por parte de los trabajadores, reducción expresiva del trabajo infantil y aumento de la escolaridad. (BNDES, CGEE, 2008).

## 7.2. ETANOL A PARTIR DE LA YUCA

### 7.2.1. Sector Económico

Colombia es el tercer productor de yuca en América, después de Brasil y Paraguay, y su producción se ha dirigido prácticamente al consumo local. En las últimas dos décadas, el gobierno colombiano, en asocio con organismos internacionales, ha estimulado el mejoramiento de los procesos de transformación de yuca fresca a través de proyectos agroindustriales en diferentes áreas del país, con el objetivo de mejorar los indicadores de calidad de vida de los agricultores (Amutha y Gunare karan, 2001)

Los datos que arrojan los cálculos de productividad de etanol en litros/ha año para los cultivos de yuca, caña y maíz. La caña de azúcar representa la mayor productividad en la obtención de etanol, en litros/ha año, gracias a su alto rendimiento agrícola (85 ton/ha), superando a la yuca en 1000 litros/ ha año. Como materia prima para la obtención de etanol, los cultivos de yuca y caña tienen bondades evidentes, ya que duplican sus niveles de productividad frente al maíz (6500, 7200 vs. 3000 respectivamente)(Iván & Peláez, 2008).

Para este tipo de industria la inversión requerida para la maquinaria es de 100 mil dólares, para una planta con capacidad de 500 litros por día (25 litros/hora), que requiere la producción de 1 hectárea cada 2 o 3 días. El precio de etanol en Clayuca es de 2.000 pesos por litro, pero se puede sacar comercialmente a 1.800 pesos.

### 7.2.2. Sector Ambiental

La producción de yuca tiene ventajas, como su gran rendimiento por hectárea, su tolerancia a la sequía y a los suelos degradados, y una gran flexibilidad para la siembra y la cosecha. Como fuente de almidón, la yuca es muy

competitiva; la raíz contiene más almidón por peso seco que casi cualquier otro cultivo alimentario, y su almidón es fácil de obtener con tecnologías sencillas (Iván & Peláez, 2008).

En términos agronómicos, la yuca es altamente resistente a las sequías, en donde con una precipitación mínima de 500 mm/año se logran obtener buenas producciones. El cultivo de yuca genera una alta producción en suelos degradados y se adapta a todos los tipos de suelos a excepción de los fangosos, al igual que tolera bien los altos niveles de aluminio y manganeso, que son propios de los suelos de la mayoría de las sabanas tropicales y que resultan tóxicos para la mayoría de las plantas. La yuca presenta además una alta flexibilidad en el momento de la plantación y cosecha (Ceballos, 2002).

### **7.2.3. Sector Social**

Otro aspecto importante de la utilización de la yuca para producir bioetanol es el impacto social que puede generar. Se ha estimado que mientras que en cultivos de maíz se genera un empleo por cada 2,43 ha, con la yuca se genera el mismo empleo por cada 1,66 ha (Ministerio de Minas, 2007).

## **7.3. ETANOL A PARTIR DE MAÍZ**

### **7.3.1. Sector Económico.** (Luis & Fernández, 2012).

El uso mundial del bioetanol en el transporte ha crecido significativamente, de una producción global de 2,000 millones de litros en 1975, a 35,000 millones de litros en 2005, de los cuales, el 45% fue producido a partir de caña de azúcar y el resto a partir de maíz. Desde 1975 Brasil, con su programa Pro-alcohol, alcanzó una producción de 17,800 millones de litros de bioetanol de caña en 2006 y busca aumentar en 2 millones de hectáreas sus áreas de plantaciones de caña de azúcar y expandir sus exportaciones de bioetanol hacia China, la Unión Europea y



Estados Unidos]. Entre Brasil y Estados Unidos de Norteamérica cubren el 93% de la producción mundial de bioetanol.

Es decir que el 55 % corresponde a la producción de maíz que equivale a 19250 millones de litro de etanol.

El impacto actual en Estados Unidos es que se incrementa el costo para la sociedad, de 0.5 a 1.1 centavos de dólar por galón de gasolina, pero representa un incremento de ingresos de los agricultores de \$2,600 a \$5,400 millones de dólares anuales. Sin subsidios, el bioetanol de maíz está condenado a estancarse y eventualmente a desaparecer (Luis & Fernández, 2012).

El costo de producción de bioetanol de maíz por litro equivale a 0.0565 dólares, precios que están por debajo de la gasolina.

### **7.3.2. Sector Ambiental**

El uso del bioetanol a partir del grano del maíz permite reducir en casi 30% las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo de modo efectivo para mitigar el cambio climático (Romero, 2010); citado en (Vries, 2010).

Requiere suelos francos, profundos y ricos en materia orgánica, el pH de los suelos debe ser levemente ácido preferentemente entre 6 y 7. El consumo de agua va desde los 480 a 900 mm, es muy importante evitar el estrés hídrico en floración, que es el periodo crítico para la fijación de los granos (Maddonni, 2010).

### **7.3.3. Sector Social**

El orden de magnitud de la inversión requerida para producir el bioetanol (\$2,950 millones de dólares) y el ahorro (\$2,147 millones de dólares) derivado de la sustitución del 10.5% de la gasolina a importar en el año 2014, muestran la

factibilidad de producir bioetanol para sustituir estas importaciones, aún más si se considera que las 170 plantas requeridas para producir el bioetanol, abrirán 5,100 puestos de trabajo directo en las fábricas, así como cultivar casi 1.5 millones de hectáreas con maíz para producir 15 millones de toneladas de maíz al año. (Luis & Fernández, 2012).

## 7.4. ETANOL A PARTIR DE LA REMOLACHA

### 7.4.1. Sector Económico

(Marga s. Mingo / ABC Córdoba 2013)

Una investigación de la Universidad Loyola Andalucía señala que el cultivo de la remolacha es rentable si se destina a la producción de bioetanol y el precio de la gasolina se sitúa a los precios actuales o superiores. Así se desprende un estudio realizado por los profesores de la primera universidad privada de Andalucía Pedro Pablo Pérez Hernández, José Manuel Martín y Melania Salazar, y que ha sido admitido a publicación por la revista «Energy Policy»

Según Melania Salazar, profesora de Economía Aplicada, «*Dada la gran incertidumbre sobre el futuro de la remolacha en la Unión Europea, en general, y en nuestro país, en particular, los biocombustibles parecen destaparse como un mercado alternativo*». En este sentido, los investigadores destacan que el 30 por ciento del bioetanol producido en la UE procede de la remolacha (Cncrca, Ambiente, Reúne, & Las, 2013).

La división de Remolacha ha visto aumentar su facturación en un 30% en 2011- 2012 y representó el 43% de la facturación del grupo, siendo su participación estable a partir de 2007- 2008, por delante de los cereales (34%) y la caña de azúcar (23%). La actividad del grupo en la UE representa el 75% de la

facturación (Sector et al., 2013). En la tabla 1 de análisis de métodos comparativos se encuentra de forma general en la generación de empleo brinda por hectáreas.

#### **7.4.2. Sector Ambiental**

La remolacha es un cultivo modelo en cuanto a sostenibilidad medioambiental. Gracias a su raíz pivotante, la remolacha mejora la estructura del suelo y reduce la compactación y erosión del suelo. Las técnicas de mini-dosificación se usan para la aplicación de fertilizantes y pesticidas. En importantes países productores, el uso de fertilizantes y ciertos pesticidas ha descendido considerablemente en los últimos 20 años. A diferencia de los cereales, la remolacha azucarera requiere rotación de cultivos. La superficie de remolacha en la UE descendió de 2.2 millones de hectáreas a 1.5 millones de hectáreas después de la reestructuración del sector entre 2006 y 2009.

Sin embargo, actualmente, la superficie de remolacha fuera de cuota para usarse en energía (bioetanol, biogás) se estima en 150.000 hectáreas – sin entrar a competir con los usos alimentarios. La remolacha azucarera está jugando un papel más importante en la bio-economía que antes de 2006 y está contribuyendo a los objetivos de la estrategia 2020 de Europa (Asaja, 2012).

#### **7.4.3. Sector Social**

La remolacha es un cultivo resistente, seguro y estable que es clave en la rotación de la explotación y promueve la biodiversidad. Proporciona una producción alimentaria de calidad, permite una gestión sostenible de los recursos naturales y fomenta el equilibrio territorial. Alrededor de 6.700 agricultores de Andalucía, Castilla y León, La Rioja, Navarra y el País Vasco cultivan remolacha en España. El cultivo y las fábricas de producción se localizan en el medio rural proporcionando un imprescindible tejido económico y social ligado a este sector (Cncrca, Ambiente, Reúne, & Las, 2013).

**Tabla 1:** Análisis Comparativo De Métodos General.

Análisis Comparativo De Métodos General							
Etanol	Reducción de emisiones CO2 en el uso como combustible	Rendimiento de etanol por hectárea	Consumo de agua por Año	Rendimiento energético	Generación de empleo por hectáreas	Erosión de suelo	precio litro de etanol
Caña De Azúcar	90%	6800lit/H	2500mm/Año	8,3	0,18	Alta	0,40 us
Yuca	15%	4500lit/H	600mm/Año	1,2	0,6	baja	0,3us
Maíz	30%	4000lit/H	900mm/Año	1,7	0,41	Medio	0,37 us
Remolacha	55%	6600lit/H	1000mm/Año	1,5	0,65	baja	0,48us

De todos los métodos comparativos en el sector económico, ambiental, social en la producción de etanol a través de diferentes materias primas que mencionamos anteriormente el más amigable con el medio ambiente es la remolacha por sus condiciones físico química.

## 8. PRODUCCIÓN MUNDIAL DE BIOCOMBUSTIBLES.

El uso reciente de etanol como combustible ha aumentado su producción. La mayor parte del etanol se está produciendo en la actualidad a partir de la caña de azúcar o el maíz (Demirbas, 2009) citado en (Demirbas, 2011)

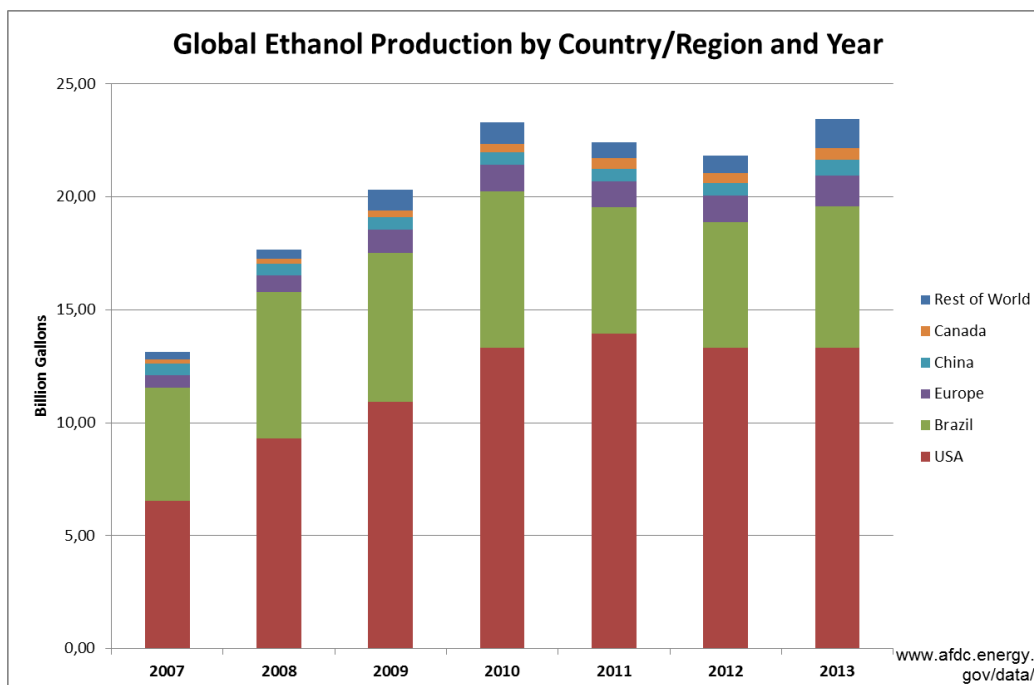
Actualmente, cerca del 85 por ciento de la producción mundial de biocombustibles líquidos está representada por el etanol. Los dos mayores productores de etanol, Brasil y Estados Unidos de América, dan cuenta de casi el 90% por ciento de la producción mundial, cuyo 10% por ciento restante se reparte entre Canadá, China, la Unión Europea (principalmente Francia y Alemania) y la India. (FAO, 2008b)

**Tabla 2:** Producción mundial de bioetanol.

World Fuel Ethanol Production by Country or Region (Million Gallons)							
Country	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
USA	6521,00	9309,00	10938,00	13298,00	13948,00	13300,00	13300,00
Brazil	5019,20	6472,20	6578,00	6921,54	5573,24	5577,00	6267,00
Europe	570,30	733,60	1040,00	1208,58	1167,64	1179,00	1371,00
China	486,00	501,90	542,00	541,55	554,76	555,00	696,00
Canada	211,30	237,70	291,00	356,63	462,30	449,00	523,00
Rest of World	315,30	389,40	914,00	984,61	698,15	752,00	1272,00
<b>WORLD</b>	<b>13123,10</b>	<b>17643,80</b>	<b>20303,00</b>	<b>23310,91</b>	<b>22404,09</b>	<b>21812,00</b>	<b>23429,00</b>

Fuente: [www.afdc.energy.gov/data/](http://www.afdc.energy.gov/data/)

**Figura. 8.** Producción mundial de bioetanol.



Fuente: [www.afdc.energy.gov/data/](http://www.afdc.energy.gov/data/)

### **8.1. BIOCOMBUSTIBLES EN LA UNIÓN EUROPEA.** (Smith, Flach, Bendz, Krautgartner, & Lieberz, 2013)

La UE comenzó a promover los biocombustibles, especialmente biodiesel, en los años 80s como una forma de prevenir un deterioro en los medios de vida en las áreas rurales, a la vez que respondía a los crecientes niveles de la demanda energética. Sin embargo, fue sólo durante la segunda mitad de los años 90s que el biodiesel comenzó a ser ampliamente desarrollado. Entre las políticas claves que afectan el mercado europeo de biocombustibles se incluyen las políticas de energía, agricultura y de cambio climático. Al igual que en los EE.UU, éstas incluyen mandatos de penetración, subsidios y barreras al comercio.

#### **8.1.1. Materia prima**

En la UE, el bioetanol se produce principalmente a partir de trigo, el maíz, la cebada, el centeno y derivados de remolacha azucarera. El trigo se utiliza principalmente en el noroeste de Europa, mientras que el maíz se utiliza principalmente en Europa Central y España. Cuando la oferta interna de trigo de la UE es escasa, los productores del noroeste de Europa comúnmente se cambian al maíz importado. El centeno se utiliza para la producción de bioetanol en Polonia, la región del Báltico y Alemania, mientras que la cebada se utiliza principalmente en Alemania y España. En Italia, aproximadamente el treinta por ciento 30% del bioetanol se produce a partir de subproductos del vino y el (10%) diez por ciento directamente de vino.

#### **8.1.2. Capacidad de Producción**

Se pronostica que la capacidad de producción de bioetanol aumentará de unos 2.100 millones de litros en 2006 a unos 8.500 millones de litros en 2014. La mayor parte de la capacidad de producción se ha instalado en los países del Benelux, Alemania, Francia, España y el Reino Unido. Durante el período 2007 -

2012, se utilizó sólo el cincuenta a sesenta por ciento de la capacidad disponible. Esto es en parte debido al hecho de que la Unión Europea está construyendo su sector y las nuevas plantas necesitan una fase de puesta en marcha a pleno funcionamiento.

El crecimiento de la producción de bioetanol en la UE aplanó un poco el incremento anual de alrededor de 700 - 1.000 millones de litros en 2008, 2009 y 2010 a sólo alrededor de 100-250 millones de litros en 2011 y 2012. La producción de bioetanol de la UE en 2012 se estima en 4,6 mil millones de litros. Sobre una base de energía, esto es equivalente a 29 millones de barriles de petróleo crudo. Desde el primer trimestre de 2010, los márgenes de los productores se deterioraron debido a la caída de los precios del etanol nacionales y los precios de las materias primas elevadas.

Algunos productores sólo pudieron obtener un beneficio debido a los rendimientos de la venta de granos secos de destilería (DDG). Además, la demanda de bioetanol ha ido disminuyendo debido a mandatos ajustados y menor consumo de combustible. Por esta razón, la estimación de la producción nacional para 2011 y 2012 es inferior a lo previsto en el anterior Informe Anual de Biocombustibles, y se ajustó a la baja por 230 y 380 millones de litros, respectivamente.

**Tabla 3: Producción de bioetanol en la unión europea.**(Smith et al., 2013)

<b>Fuel Ethanol Production – Main Producers (million liters)</b>								
<b>Calendar Year</b>	<b>2007<sup>r</sup></b>	<b>2008<sup>r</sup></b>	<b>2009<sup>r</sup></b>	<b>2010<sup>r</sup></b>	<b>2011<sup>e</sup></b>	<b>2012<sup>f</sup></b>	<b>2013<sup>f</sup></b>	
Benelux	33	73	220	415	675	873	,089	,114
Germany	397	580	752	765	730	776	823	823
France	539	746	906	942	846	759	759	759
Spain	359	346	465	471	462	381	450	462
United Kingdom	44	70	70	278	427	253	280	443
Austria	15	89	175	199	216	228	230	230
Poland	120	114	165	194	167	211	215	228
Other	296	798	800	,004	869	,139	,296	,321
<b>Total</b>	<b>1,803</b>	<b>2,816</b>	<b>3,553</b>	<b>4,268</b>	<b>4,392</b>	<b>4,620</b>	<b>5,190</b>	<b>5,380</b>

r = revised / e = estimate / f = forecast EU FAS Posts.

## 8.2. BIOETANOL EN BRASIL

El Brasil ha sido uno de los primeros países en establecer reglamentos nacionales en el sector de la bioenergía y ha acumulado una considerable experiencia y conocimientos especializados en la esfera de los biocombustibles, particularmente en lo que se refiere al uso del etanol como combustible para el transporte. La experiencia del Brasil en el uso del etanol como aditivo de la gasolina se remonta a la década del 1920, aunque no fue hasta 1931 que el combustible producido a partir del azúcar comenzó a mezclarse oficialmente con gasolina. (FAO, 2008b)

En 1975, tras la primera crisis del petróleo, el Gobierno del Brasil puso en marcha el Programa Nacional sobre Etanol (ProAlcool), creando así las



condiciones para un desarrollo en gran escala de la industria azucarera y del etanol. El programa estaba encaminado a reducir las importaciones de energía y fomentar la independencia energética. Sus principales objetivos consistían en introducir en el mercado una mezcla de gasolina y etanol anhidro y crear incentivos para el desarrollo de vehículos alimentados exclusivamente por etanol hidratado.(FAO, 2008b)

La fase más reciente de la experiencia de Brasil en la esfera de la producción de etanol se inició en 2000 con la revitalización del etanol como combustible, y estuvo marcada por la liberalización de los precios en la industria en 2002. Siguieron aumentando las exportaciones de etanol a causa de los elevados precios del petróleo en el mercado mundial. La dinámica de la industria del azúcar y el etanol empezó a depender mucho más de los mecanismos de mercado, particularmente en los mercados internacionales. (FAO, 2008b)

Se han realizado inversiones considerables en la industria, con lo que se ha ampliado la producción y modernizado las tecnologías. Un factor importante del desarrollo del mercado interno en los últimos años ha sido la inversión de la industria automovilística en autos alimentados por biocarburantes o biocombustibles a base de alcohol y gasolina, también conocidos como autos de combustible flexible, capaces de funcionar con una mezcla de gasolina y etanol.(FAO, 2008b)

Según el más reciente cálculo del Ministerio de Agricultura de Brasil (27 de febrero de 2012) en la actualidad hay en Brasil un total de 414 ingenios de azúcar/etanol en funcionamiento. De este total, 297 ingenios poseen destilerías integradas de azúcar/etanol mientras que 104 solamente producen etanol y otros 11 ingenios solamente azúcar (la producción de 2 ingenios es 'desconocida').(Organización Internacional del Azúcar, 2012)

Hace tres años (13 de marzo de 2009) el número total de ingenios en funcionamiento era superior (420) pero había un número más bajo de

ingenios/destilerías integrados (248) y 157 producían solamente etanol. Cuatro estados del Centro-Sur están a la cabeza en cuanto a unidades de producción a nivel nacional: São Paulo con 184 ingenios, seguido de Minas Gerais con 44, Goiás con 33 y Paraná con 30. Aunque sigue siendo el estado dominante, la cuota de São Paulo en la producción total ha descendido en los últimos años mientras que la de Goiás y Minas Gerais (que se encuentran en la región del Cerrado) ha aumentado. En 2009 São Paulo tenía 200 ingenios en funcionamiento frente a los 37 de Minas Gerais, 33 de Paraná y 27 de Goiás. Los dos mayores estados productores siguientes están en el Norte-Noreste y son Alagoas y Pernambuco, con 24 y 20 ingenios respectivamente. (Organización Internacional del Azúcar, 2012)

### 8.3. BIOETANOL EN LOS ESTADOS UNIDOS.

La industria de los biocombustibles EE.UU. está experimentando un rápido crecimiento y transformación. Impulsada en gran parte por las preocupaciones sobre la seguridad energética y gases de efecto invernadero, las políticas nacionales y estatales están siendo desarrolladas e implementadas para promover la mayor utilización de los biocombustibles. En la actualidad, los biocombustibles están dominados por el etanol derivado del maíz, pero con mucho mayor énfasis ahora está siendo dirigida hacia la " *segunda generación de biocombustibles* " producidos a partir de material lignocelulósico y los triglicéridos. Ambas tecnologías de conversión termoquímica y bioquímica para la producción de biocombustibles están avanzando rápidamente. (Hoekman, 2009)

Más mejoras se esperan en un futuro próximo, como resultado de importantes inversiones de los sectores público y privado. Ningún mejor enfoque para los biocombustibles es probable que surjan, ya que la optimización depende de materias primas regionales, la infraestructura existente, la integración con otras

plantas industriales (incluyendo las refinerías de petróleo) y otras consideraciones que pueden variar de un lugar a otro.(Hoekman, 2009)

En Estado Unidos los recursos naturales son suficientes para producir una sustancial cantidad de segunda generación Los biocombustibles, tal vez lo suficiente como para desplazar a un 30-50 % de los combustibles derivados del petróleo actual durante el próximo período de 30 a 50 años. Sin embargo, debe tenerse mucho cuidado en asegurar que esta transformación de los biocombustibles sea sostenible y asequible, con consecuencias ambientales adversos mínimos.(Hoekman, 2009).

La industria del etanol en los EE.UU. se ha consolidado como una potencia en el comercio mundial de etanol. No sólo Estados Unidos lideró la producción mundial de los últimos años, sino que también se ha convertido en uno de los principales exportadores de etanol. El Etanol hecho en Estados Unidos ha sido el combustible para motor de menor costo en el mundo durante parte de los últimos tres años, la industria del etanol de Estados Unidos fue responsable de un estimado de 57% de la producción mundial en 2013. Y en un segundo lugar Brasil, que produce alrededor de 6,3 billones de galones y representó aproximadamente el 27% de la producción mundial, la Unión Europea aportó el 6% en la producción de etanol. China, India y Canadá fueron otros líderes productores en 2013.(Henderson et al., 2014).

#### **8.4. BIOCMBUSTIBLES EN COLOMBIA.**

La aprobación de la Ley 693 marcó la entrada de Colombia en la nueva era mundial de los combustibles de origen vegetal, utilizados desde hace muchas décadas (particularmente el etanol), debido al atractivo económico en razón del Protocolo de Kyoto y la dinámica de precios internacionales del petróleo.(Asocaña, 2012b).

#### 8.4.1. Producción.

La producción de bioetanol comenzó en octubre de 2005 con la operación de las destilerías de Incauca e Ingenio Providencia. Posteriormente, en febrero y marzo de 2006 entraron en operación las destilerías de Ingenio Risaralda, Ingenio Mayagüez e Ingenio Manuelita. Con estas cinco destilerías, la capacidad instalada de producción alcanzó 1.050.000 litros por día.(Asocaña, 2012a)

En 2011 se realizaron nuevas inversiones para la ampliación de 3 de las 5 destilerías por 200.000 litros por día, con lo cual la nueva capacidad es de 1.250.000 litros por día.(Asocaña, 2012a)

Estas cinco destilerías se encuentran en el Valle Geográfico del Río Cauca. Por sus condiciones agro-climáticas ideales, esta región permite cosecha y molienda de caña de azúcar durante todo el año y no en forma estacional o por zafra, como lo es en el resto del mundo. Lo anterior hace del valle del río Cauca una región especial que la sitúa dentro de las mejores regiones cañeras del mundo.(Asocaña, 2012a)

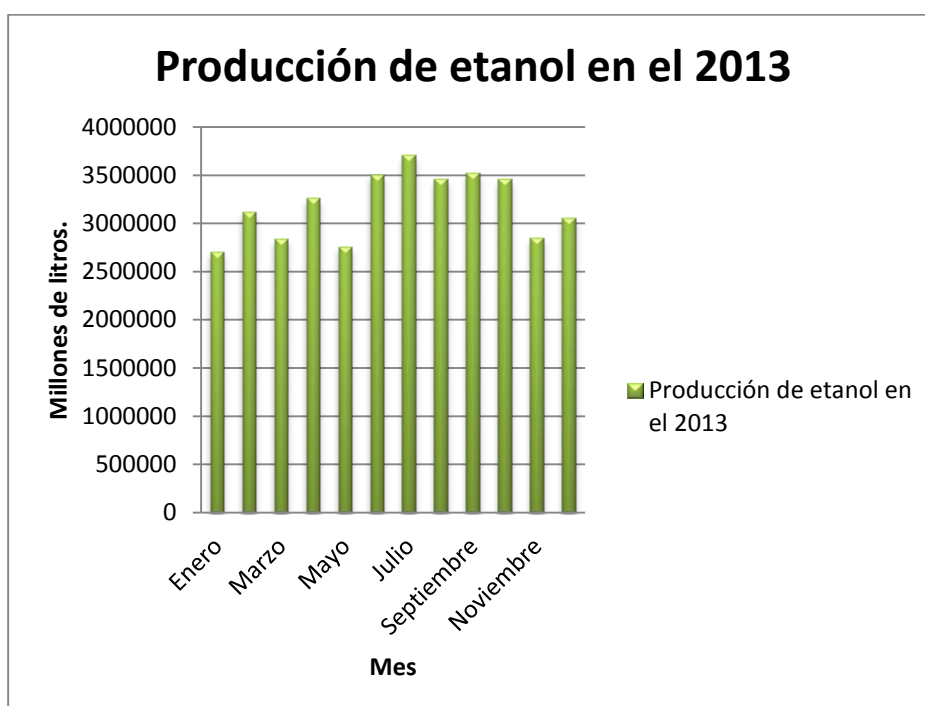
Es por tanto, una zona geográfica que posee las condiciones idóneas para el crecimiento de la caña de azúcar: brillo solar permanente e intenso a lo largo del año, balance adecuado de la temperatura entre el día y la noche, disponibilidad de agua, lluvias proporcionadas y suelos fértiles.(Ministerio de Minas y Energía, 2009)

Inicialmente el bioetanol producido en Colombia provenía del procesamiento de la caña de azúcar de estas cinco destilerías, pero poco después entraría en funcionamiento la destilería GPC, en Canta Claro, Puerto Lopez,, que produce el biocombustibles a partir del procesamiento de la yuca amarga, con una capacidad de 25.000 L/día, para llegar a una capacidad total de 1.275.000 L/día en la producción de bioetanol en Colombia. Modificado de (Ministerio de Minas y Energía, 2009).

### 8.4.2. Producción 2013

En el 2012 se produjeron 360.000.000 litros de etanol mientras que en el 2013 se registra un a producción de 382.032.000 litros lo que significa un crecimiento del 5,09%, en la producción, en la siguiente grafica se muestra la producción por mes de etanol en el 2013.(Fedebiocombustibles, 2014)

**Figura. 9.** Produccion de bioetanol en el 2013 en Colombia



Fuente: .(Fedebiocombustibles, 2014)

### 8.4.3. Mezcla E-10

En 2005 cuando comenzó la producción de bioetanol se oxigenó con una mezcla de 10% alcohol carburante con 90% de gasolina (conocida como E-10). En la medida que fue comenzando la operación de las restantes destilerías, se fueron ampliando las zonas donde se oxigenaba la gasolina hasta que en 2010, se alcanzó la cobertura de todo el territorio colombiano, con excepción de la zona fronteriza con Venezuela.(Asocaña, 2012a).

Dado el crecimiento de la demanda por gasolina, la mezcla tuvo que ajustarse a 8% (E-8) para garantizar el adecuado abastecimiento; los próximos proyectos que entrarán en operación corresponden a la destilería de Bioenergy, ubicada en Puerto Lopez y Riopaila - Castilla en su planta de Riopaila con la oferta que generen estos próximos proyectos y con el crecimiento proyectado de la demanda de gasolina se puede abastecer la demanda de todo el país con una mezcla que podría ser ligeramente superior a 10%, al tiempo que se mantiene una oferta estable de azúcar para el mercado nacional y un superávit de exportación de azúcar que llega a más de 50 países cada año.(Asocaña, 2013).

#### **8.4.4. Área Cultivada y Área Disponible**

Hasta el 2012 había en Colombia 227. 748 hectáreas sembradas de caña de azúcar cuya cifra corresponde al total nacional destinado a todos los productos y subproductos relacionados (etanol, azúcar, mieles, etc.) (Fedebiocombustibles, 2014), de estas 227. 748 hectáreas cerca de 40.000 hectáreas de cultivos de caña de azúcar están dedicadas a la producción de etanol a partir de caña de azúcar, y existe un potencial de expansión alto de hasta 1.518.000 hectáreas altamente aptas y 3.400.000 hectáreas moderadamente aptas.(CUE, 2012).

#### **8.4.5. Marco legal**

(Ministerio de Minas y Energía República de Colombia, 2007)

#### **LEY 693 DE 2001 (Uso de alcoholes carburantes en Colombia)**

- ✓ Las gasolinas que se utilicen en el país, tendrán que contener compuestos oxigenados tales como alcoholes carburantes

- ✓ Se decretó que el uso del alcohol carburante recibirá un tratamiento especial en las políticas sectoriales de autosuficiencia energética, de producción agropecuaria y de generación de empleo.

**LEY 939 DE 2004 (Se estimula la producción y comercialización de biocombustibles para uso en Motores diesel)**

- ✓ El combustible diesel que se utilice en el país podrá contener biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diesel en las calidades que establezcan el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

**8.4.5.1. Marco Legal en Colombia – Estímulos Tributarios  
Ley 788 de 2002 (Reforma Tributaria)**

- ✓ Artículo 31: se declara exento del iva al alcohol carburante con destino a la mezcla con el combustible motor.
- ✓ Artículo 88: se exoneró del pago del impuesto global y de la sobretasa al porcentaje de alcohol carburante que se mezcle con la gasolina motor.

**Ley 939 de 2004 (Se estimula la producción y comercialización de biocombustibles para uso en Motores diesel).**

- ✓ Artículo 8°. El biocombustible de origen vegetal o animal para uso en motores diesel de producción Nacional con destino a la mezcla con ACPM estará exento del impuesto a las ventas.

- ✓ Artículo 9°. El biocombustible de origen vegetal o animal para uso en motores diesel de producción nacional que se destine a la mezcla con ACPM estará exento del impuesto global al ACPM.

**Ley 939 de 2004** (se estimula la producción y comercialización de biocombustibles para uso en Motores diesel y los cultivos de tardío rendimiento que se utilicen para el efecto)

- ✓ **Artículo 1°.** Considérese exenta la renta líquida generada por el aprovechamiento de nuevos cultivos de tardío rendimiento en cacao, caucho, palma de aceite, cítricos, y frutales, los cuales serán determinados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

La vigencia de la exención se aplicará dentro de los diez (10) años siguientes a la promulgación de la presente ley.

- ✓ **Artículo 2°.**La exención descrita en el artículo anterior será para la palma de aceite, cacao, caucho, cítricos y demás frutales por un término de diez (10) años contados a partir del inicio de la producción.

#### **Decreto zonas francas (Decreto 383 de 2007)**

- ✓ Se establecen estímulos para la implementación de zonas francas para proyectos agroindustriales en materia de biocombustibles – Tasa de renta diferencial y beneficios en materia de exenciones de aranceles en bienes de capital – proyectos con potencial exportador).

#### **Última reforma tributaria**

- ✓ Se establecen estímulos a la inversión.



#### **8.4.5.2. Marco Legal en Colombia – Requisitos De Calidad Del Combustible**

##### **Resolución 447 de 2003, modificada por la resolución 1565 de 2004**

(Ministerios del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Minas y Energía)

- ✓ Se establecen los requisitos técnicos y ambientales de los alcoholes carburantes y los combustibles oxigenados que se vienen distribuyendo en el país desde el año 2005

##### **Resolución 1289 de 2005, modificada por la resolución 18 0782 de 2007**

(Ministerios del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Minas y Energía)

- ✓ Se establecen los requisitos técnicos y ambientales del biodiesel y sus mezclas con el diesel de origen fósil a distribuir en el país a partir del tercero o cuarto trimestre del año 2007.

#### **8.4.5.3. Marco legal en Colombia - precios**

**Resolución 18 0222 de 2006** (Ministerio de Minas y Energía).

- ✓ Se definió una banda de precios que toma el mayor valor entre el precio de estabilidad definido inicialmente, corregido al año 2007, de \$4.040,19 pesos por galón para el Alcohol Carburante (que es equivalente aproximadamente a US\$2.11 dólares por galón) y un precio que reconoce los costos de oportunidad de las materias primas que se utilizan en la producción del alcohol (Paridad exportación del azúcar refinado). Hoy el precio es de \$4.452,64 pesos por galón a Julio de 2007 (US\$2,32 dólares por galón).

**Resolución 18 1780 de 2005, modificada por la resolución 18 0212 de 2007**  
(Ministerio de Minas y Energía).

- ✓ Se definió una banda de precios que toma el mayor valor entre los costos de oportunidad de las materias a utilizar en la producción del Biodiesel y el costo de oportunidad del ACPM de origen fósil, además de la garantía en la recuperación de las inversiones en ambos casos (Factor de producción eficiente).

#### **8.4.5.4. Marco Legal en Colombia – Reglamentación Técnica**

**Resolución 18 0687 de 2003, modificada a través de la resolución 18 1069 de 2005** (Ministerio de Minas y Energía)

- ✓ Se definió la regulación técnica en relación con la producción, acopio, distribución y puntos de mezcla de los alcoholes carburantes y su uso en los combustibles nacionales e importados.
- ✓ Se señalaron las fechas de entrada del programa de oxigenación de las gasolinas en Colombia.

## **9. BIOCOMBUSTIBLE –GASOLINA**

### **9.1. NIVELES**

La utilización del etanol como combustible ha pasado por varias etapas a través de los años. En los orígenes de la industria automovilística fue el principal combustible: los motores de ciclo Otto se diseñaron en principio para utilizarlo, pero posteriormente con el desarrollo de la industria basada en el petróleo los fabricantes de motores se decantaron por esta segunda opción. Cuando se temió

por la estabilidad de estos mercados en los años 20 y el posterior embargo petrolífero del año 1973 se volvió a invertir en el desarrollo de bioetanol. El primer país que asumió este reto fue Brasil que a partir de ese año comenzó a mezclar etanol y gasolina en la proporción de 22:78. En 1979 Brasil produjo los primeros automóviles que podían funcionar con alcohol hidratado (95% de etanol y 5% de agua), más tarde, en 1980 la mayor parte de los coches fabricados estaban diseñados para funcionar exclusivamente con etanol.

La experiencia de usar etanol como carburante comenzó en Brasil en los años 30 del siglo XX con una mezcla de 5% en la gasolina. En los años 70, una vez más por el alza de los precios del petróleo, decidieron aumentar el porcentaje de mezcla progresivamente, hasta llegar al 20% a principios de los años 80. En la actualidad, en las calles de Río, Sao Paulo o Bahía, la mayoría de vehículos usan exclusivamente etanol como carburante (Garc, 2006).

Es decir los niveles están de esta forma: El número señala el porcentaje de etanol o biodiesel que hay en la mezcla: (E10) significa que es un combustible que contiene 10% de etanol y 90% de gasolina; (B5) indica que contiene 5% de biodiesel y 95% de diesel (Moraga, 2000).

En Colombia mediante las medidas del gobierno el año 2012 de lo que va de este año 2014 lo que se proyecta es buscar mezcla E10 en el todo el territorio nacional es decir que el combustible contenga en 10% de etanol y el 90% de gasolina.

## 9.2. CONSUMO VEHICULAR

Se escogió de manera aleatoria por medio de una tabla, las distintas marcas de carros que existen aquí en Colombia, para calcular cual es el consumo promedio de gasolina recorrido en 100km. Basada en esa información se desarrolló la siguiente tabla y gráfico.

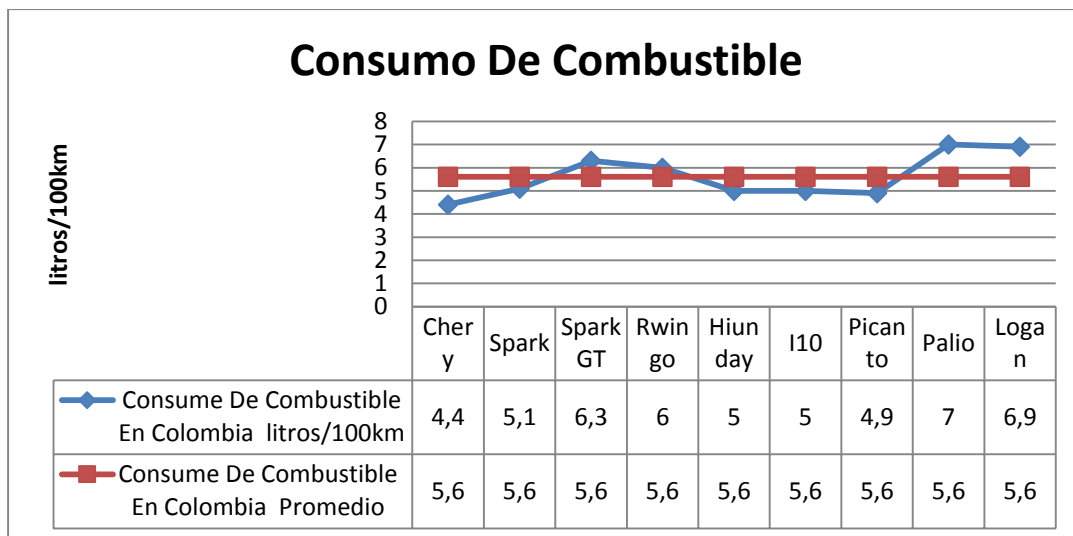
**Tabla 4:** Consumo De Combustible En Colombia.

Consumo De Combustible En Colombia.		
Marca	litros/100km	Promedio
Chery	4,4	5,6
Spark	5,1	5,6
Spark GT	6,3	5,6
Rwingo	6	5,6
Hiunday	5	5,6
I10	5	5,6
Picanto	4,9	5,6
Palio	7	5,6
Logan	6,9	5,6

**Fuentes:** Elaboración propia, modificada de: El tiempo.com/carroya.

Con base a esta información el consumo de gasolinas en Colombia de diferentes marcas de carros. Se calculó el promedio de gasolina consumida por cada 100 km recorrido es de 5.6 litros de gasolina

**Figura. 10.** Consumo De Combustible.



Se considera que un vehículo en Colombia durante un año recorre aproximadamente 15000 km, con este dato y teniendo en cuenta la información expuesta en la Tabla 4, podemos calcular cual el consumo de gasolina promedio de un carro en un año.

En la tabla la Tabla 5 se presenta el cálculo de gasolina consumida en Colombia, por un vehículo en un año.

**Tabla 5:** Calculo de gasolina consumida en Colombia por año.

Calculo De Gasolina Consumido En Colombia	
Por Año	
15000KM	X
100 KM	5,6Litros
x= 840Litros/años	

Es decir un carro aproximadamente, en Colombia se consume 840 litros de gasolina al año .para obtener el consumo de etanol simplemente le sacamos el 10% que corresponde a 84 litros de etanol por año.

### 9.3. ÁREA NECESARIA PARA EL CONSUMO

Mediante la ayuda de cenicaña 80 toneladas por hectárea de caña produce 9000 litros de etanol, Colombia tiene una proyección de demanda para el 2020 de 3.5 millones de carros, conociendo estos datos podemos calcular el área necesaria de consumo.

**Tabla 6:** Área Necesaria De Consumo

Área Necesaria De Consumo			
1 Hectárea	vehiculos2020	consumo de etanol por vehículo	Área(Ha)
9000 litros	3,5 millones	84 litros de etanol	33 millones

Área necesaria 33 millones de hectáreas para satisfacer la demanda del país en el 2020. Hay que tener en que cuenta que Colombia solamente tiene disponible aptas para cultivar 3.400.000 millones de hectáreas.

#### **9.4. ÁREA DISPONIBLE**

Hasta el 2012 había en Colombia 227. 748 hectáreas sembradas de caña de azúcar cuya cifra corresponde al total nacional destinado a todos los productos y subproductos relacionados (etanol, azúcar, mieles, etc.) (Fedebiocombustibles, 2014), de estas 227. 748 hectáreas cerca de 40.000 hectáreas de cultivos de caña de azúcar están dedicadas a la producción de etanol a partir de caña de azúcar, y existe un potencial de expansión alto de hasta 1.518.000 hectáreas altamente aptas y 3.400.000 hectáreas moderadamente aptas. (CUE, 2012).

#### **10. BIOCOMBUSTIBLES Y GASES DE EFECTO INVERNADERO.**

Hasta hace poco tiempo, muchas autoridades legisladoras asumían que la sustitución de los combustibles fósiles por combustibles obtenidos a partir de biomasa tendría unos efectos importantes y positivos sobre el cambio climático mediante la generación de unos niveles menores de gases de efecto invernadero, contribuidores al calentamiento global. Los biocultivos pueden reducir o compensar las emisiones de gases de efecto invernadero a través de la eliminación directa del dióxido de carbono del aire a medida que crecen y lo almacenan en la biomasa y el suelo. Además de los biocombustibles, muchos de estos cultivos generan productos complementarios como proteínas para la alimentación animal, y ahorran así la energía que se emplearía para elaborar pastos de otra manera(FAO, 2008b).

A pesar de estos posibles beneficios, los estudios científicos han mostrado que las compensaciones de gases de efecto invernadero varían en gran medida

de acuerdo con cada biocombustible en comparación con el petróleo. En función de los métodos empleados para producir la materia prima y elaborar el combustible, algunos cultivos pueden generar aún más gases de efecto invernadero que los combustibles fósiles. (FAO, 2008b).

El óxido nitroso, por ejemplo, un gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento global unas 300 veces mayor que el dióxido de carbono, es liberado por fertilizantes nitrogenados. La emisión de gases de efecto invernadero tiene lugar también en otras fases de la producción de biocultivos y biocombustibles tales como la producción de fertilizantes, plaguicidas y combustible empleados en la agricultura, la elaboración de productos químicos, el transporte, la distribución y hasta el uso final.(FAO, 2008b).

Los gases de efecto invernadero también pueden emitirse mediante cambios en los usos de la tierra, directos o indirectos; causados por el aumento de la producción de biocombustibles; por ejemplo, el carbono almacenado en los bosques o en los pastizales se libera del suelo durante la conversión de la tierra para la producción de cultivos. Mientras que el maíz destinado a la producción de etanol puede generar un ahorro de gases de efecto invernadero de unas 1,8 toneladas de dióxido de carbono por hectárea al año y el pasto varilla, un posible cultivo de segunda generación, puede ahorrar unas 8,6 toneladas por hectárea al año, la conversión de pastizales para producir estos cultivos puede emitir unas 300 toneladas por hectárea y la conversión de tierras forestales puede emitir entre 600 y 1 000 toneladas por hectárea (Fargione et al., 2008; The Royal Society, 2008; Searchinger, 2008).citado en (FAO, 2008a).

## **11. PROBLEMAS AMBIENTALES EN EL USO DEL ETANOL**

Uno de los objetivos explícitos de algunas medidas reglamentarias de apoyo a la producción de biocombustibles. La producción agrícola provoca en general ciertos efectos negativos inesperados en la tierra, el agua y la

biodiversidad que resultan especialmente preocupantes en relación con los biocombustibles.(FAO, 2008b)

La magnitud de estos efectos depende de la manera en que se producen y se procesan las materias primas para biocombustibles, de la escala de la producción y, especialmente, del modo en que influyen en el cambio del uso de la tierra la intensificación y el comercio internacional (FAO, 2008b).

### 11.1. Medio Ambiente

A pesar de estos posibles beneficios, los estudios científicos han mostrado que las compensaciones de gases de efecto invernadero varían en gran medida de acuerdo con cada biocombustible en comparación con el petróleo. En función de los métodos empleados para producir la materia prima y elaborar el combustible, algunos cultivos pueden generar aún más gases de efecto invernadero que los combustibles fósiles. El óxido nitroso, por ejemplo, un gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento global unas 300 veces mayor que el dióxido de carbono, es liberado por fertilizantes nitrogenados.

Si se incluyen los cambios de uso de la tierra en el análisis, las emisiones de gases de invernadero para algunas materias primas y sistemas de producción de biocombustibles podrían ser mayores incluso que las de los combustibles fósiles. Fargione et al. (2008) estima que la conversión de selvas lluviosas, turberas, sabanas y pastizales para producir etanol y biodiésel en Brasil, Indonesia, Malasia o los Estados Unidos de América libera al menos 17 veces más dióxido de carbono que lo que estos biocombustibles ahorran anualmente al sustituir a los combustibles fósiles. Este autor considera que será necesario 48 años para compensar esta «*deuda de carbono*».

La escasez de agua, y no de tierras, podría resultar ser un factor limitante de la producción de materias primas para biocombustibles en muchos contextos.



Aproximadamente un 70 por ciento del agua dulce empleada se destina a fines agrícolas (Evaluación general de la gestión del agua en la agricultura, 2007). Los recursos hídricos para la agricultura son cada vez más escasos en muchos países como resultado de una mayor competencia con los usos domésticos o industriales.

Además, los efectos previstos del cambio climático en lo que se refiere a la reducción de las precipitaciones y a la escorrentía en algunas de las principales regiones productoras (incluidos el Cercano Oriente, África del Norte y Asia meridional) seguirán ejerciendo presión sobre unos recursos ya escasos en la actualidad.

Hoy en día, los biocombustibles son los responsables de unos 100 km<sup>3</sup>, un 1% por ciento, de toda el agua transpirada por los cultivos en todo el mundo y de unos 44 km<sup>3</sup>, el 2 por ciento, de toda el agua extraída para riego (de Fraiture, Giordano y Yongsong, 2007).

Muchos de los cultivos empleados en la actualidad para la producción de biocombustibles, como la caña de azúcar, el aceite de palma y el maíz, requieren cantidades relativamente elevadas de agua a niveles de rendimiento comerciales, y por ello son más apropiados para áreas tropicales de gran pluviosidad, a no ser que se puedan regar. (La producción de secano de materias primas para biocombustibles es importante en Brasil, donde el 76 por ciento de la producción de caña de azúcar está sometido a condiciones de secano, y en los Estados Unidos de América, donde el 70% por ciento de la producción de maíz es de secano).

La producción de biodiésel y etanol da como resultado unas aguas residuales contaminadas orgánicamente que, si se liberaran sin tratar, podrían incrementar la eutrofización de las masas de agua de superficie. No obstante, existen tecnologías de tratamiento de aguas residuales que pueden hacer frente de manera efectiva a los contaminantes y residuos orgánicos. Los sistemas de

fermentación puede reducir la demanda de oxígeno biológico de las aguas residuales en más de un 90 por ciento, por lo que el agua se puede reutilizar en el procesamiento y el metano se puede capturar en el sistema de tratamiento y emplearlo para generar energía (FAO, 2008c).

En Brasil, donde la caña de azúcar para producir etanol se cultiva principalmente en condiciones de secano, la disponibilidad de agua no es un problema, pero la contaminación de los recursos hídricos asociada con la aplicación de fertilizantes y productos agroquímicos, la erosión del suelo, el lavado de la caña de azúcar y otras fases del proceso de producción de etanol resultan altamente preocupantes (Moreira, 2007).

Los plaguicidas y otros productos químicos pueden infiltrarse hasta las masas de agua y afectar de manera negativa a la calidad del agua. El maíz, la soja y otras materias primas para biocombustibles difieren en gran medida en cuanto a sus necesidades de fertilizantes y plaguicidas. De las principales materias primas, el maíz es objeto de los mayores niveles de aplicación de fertilizantes y plaguicidas por hectárea. Se estima que los biocombustibles derivados de la soja y otra biomasa de bajos insumos y gran diversidad cultivada en praderas necesitan solamente una fracción del nitrógeno, fósforo y plaguicidas requeridos por el maíz por unidad de energía obtenida, lo que supone unos efectos más suaves sobre la calidad del agua (Hill et al., 2006; Tilman, Hill y Lehman, 2006).

Como resultados se muestran los impactos asociados a la producción de materia prima y procesamiento de la misma para la elaboración de los biocombustibles así como las distintas medidas de manejo para cada uno de estos impactos, para esto se tomaron en cuenta los siguientes documentos:

## 12. RESULTADOS.

Como resultados se muestran los impactos asociados a la producción de materia prima y procesamiento de la misma para la elaboración de los biocombustibles así como las distintas medidas de manejo para cada uno de estos impactos, además las políticas para la producción de los biocombustibles en Colombia, y la descripción de la herramienta de evaluación del cumplimiento de los requisitos de la sostenibilidad. (ecrs .v 1.), para esto se tomaron en cuenta los siguientes documentos:

### 12.1. CONPES 3510

Este documento presenta a consideración del CONPES una política orientada a promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia, aprovechando las oportunidades de desarrollo económico y social que ofrecen los mercados emergentes de los biocombustibles. De esta manera, se busca expandir los cultivos de biomásas conocidas en el país y diversificar la canasta energética, dentro de un marco de producción eficiente y sostenible económica, social y ambientalmente, que permita competir en el mercado nacional e internacional (Conpes 3510, 2008).

El gobierno nacional a través de sus dependencias de ministerios propone garantizar una responsabilidad ambientalmente sostenible de los biocombustibles por medio del CONPES expone brindar las siguientes 5 estrategias:

- ✓ Promover la generación de conocimiento en temas ambientales para desarrollar, actualizar y adoptar instrumentos de planeación y gestión ambiental en la cadena productiva de biocombustibles.
- ✓ Incentivar esquemas de certificación que destaquen los biocombustibles colombianos en el mercado nacional e internacional.

- ✓ Incorporar en la zonificación integral de áreas para el establecimiento de cultivos para la obtención de combustibles, instrumentos de planificación territorial, ambiental y elementos de ecoeficiencia.
- ✓ Promover opciones de reducción y mitigación de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) en el marco del Protocolo de Kyoto y de los mercados voluntarios de carbono.
- ✓ Asegurar el cumplimiento de la normatividad ambiental y fortalecer el ejercicio de autoridad ambiental (Conpes 3510, 2008).

## 12.2 GUÍAS AMBIENTALES DEL MINISTERIO DE MEDIOAMBIENTE

Según la guía ambiental para el sector de la caña azucar del Ministerio de Ambiente, en Colombia promueve la armonización de sus productos agrícolas socioeconómico y ambiental de tal manera que se integre en el desarrollo de su actividad azucarera no repercuta de manera negativa sobre el medio ambiente y los recursos naturales, permitiendo el crecimiento y la evolución normal de estos ecosistemas sin alterar sus propiedades fisicoquímicas.

Dentro de su política ambiental inculca tres factores que son desarrollo sostenible, producción más limpia y por último ecoeficiencia.

A continuación se muestran los impactos ambientales, así como las medidas correctivas propuestas en la guía, para la etapa agrícola para la producción de caña de azúcar, se tuvo en cuenta de manera especial esta etapa del proceso de la obtención del azúcar ya que es la misma para la producción de materia prima (caña de azúcar) para la obtención del etanol como combustible.

**Tabla 7 :** Adecuación y Preparación.

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
Adecuación y Preparación: Descepada, nivelación, subsolada, arado, rastrillada, surcada, tratamiento de semilla y siembra.	Agua	Arrastre de suelo a los cauces	Mantener las zonas de protección de los cauces		
	Suelo	Pérdida del suelo/ Agotamiento  Remoción de capas vegetales Compactación  Alteración Ecosistemas Pérdida de materia orgánica	Labranza reducida Labranza específica por sitio  Construcción y/o mejorar drenajes existentes en zonas húmedas y suelos pesados  Utilizar maquinaria que genere menor presión superficial sobre el		Apoyar el trabajo de las asociaciones de usuarios en la conservación de cuencas hidrográficas, en programas de reforestación y conservación.

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
			<p>suelo y en lo posible de bajo caballaje.</p> <p>Utilizar tractores con llantas de alta flotación y tractores con orugas.</p>		
	Flora y fauna	<p>Remoción cobertura vegetal</p> <p>Presión sobre áreas de importancia ecológica y de cauces</p>	<p>Mantener zonas protección de los cauces.</p>		

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
	Social	Exposición al ruido, polvo y vibración Cambio de vocación del suelo. En períodos húmedos arrastre de suelo a las vías Deterioro de las vías		Utilizar en lo posible vías internas.  Controlar horarios para la circulación de maquinaria.  Cubrir con material inerte las zonas de salida de los predios para disminuir el arrastre de barro	Para nuevos predios, tener en cuenta el uso potencial del suelo.

**Tabla 8:** Mantenimiento del cultivo.

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
Mantenimiento del cultivo: Control Malezas y Abonamiento	Agua	Arrastre de contaminantes a las aguas subterráneas y superficiales.	No realizar lavados de equipos en inmediaciones a fuentes de agua. Cumplir con las franjas de protección de no-aplicación de agroquímicos. Seguir las disposiciones establecidas por las entidades competentes (véase marco jurídico ambiental). No aplicar cuando se presenten lluvias.	Efectuar el Triple lavado de envases (ver capítulo 7 numeral 7.3). Los residuos de mezclas aplicarlos en el cultivo o en tanques de mezcla.  Aplicar justamente las dosis requeridas y en el momento oportuno y los sobrantes de mezclas aplicarlos en otra parte del cultivo	
			Considerar la dirección y		



ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
	Aire	Deriva de productos.	<p>velocidad del viento en el momento de efectuar las aplicaciones -Evitar las horas más calientes del día para realizar las aplicaciones.</p> <p>Cumplir las franjas de protección de no-aplicación de agroquímicos.</p> <p>Seguir las disposiciones establecidas por las entidades competentes (véase marco jurídico ambiental).</p>		

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
	Suelo	Afectación de la respiración del suelo. Disminución de la actividad biológica de organismos benéficos. Fitotoxicidad en cultivos	Aplicar justamente las dosis requeridas y en el momento oportuno		

**Tabla 9:** Mantenimiento del cultivo.

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTOS	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
Mantenimiento del cultivo: Control Malezas y Abonamiento	Flora y fauna	Modificación de hábitat de especies	Aplicar justamente las dosis requeridas y en el momento oportuno  Seguir las disposiciones establecidas por las entidades competentes (véase marco jurídico ambiental). Ver recomendaciones para otros		

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTOS	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
			recursos		
	Social	Afectación de cultivos vecinos	Respetar las franjas de protección de aplicación de agroquímicos.  Informar a la comunidad con antelación sobre las aplicaciones y las consideraciones a tener en cuenta para evitar daños	Seguir las recomendaciones del manejo y disposición final de envases que han contenido agroquímicos).	Compensar los daños si se afectan cultivos vecinos

Tabla 10: Riego.

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
Riego	Agua	Disminución del volumen en cuerpos de agua -Arrastre de contaminantes por escorrentía y percolación	Medidas de Prevención Tener isobalance hídrico del Valle Geográfico del Río Cauca.  Utilizar balance hídrico . Utilizar el Cenirrómetro (herramienta para programar visualmente los riegos) si no se tienen las bases fundamentales para aplicar balance hídrico. Regar en el momento justo	Implantar sistemas de medición de volúmenes de riego	Apoyar a las asociaciones de usuarios en la conservación de cuencas hidrográficas, en programas de reforestación y conservación.  Cumplir la asignación de caudal definida por la autoridad ambiental competente.  Reutilizar sobrantes de agua si las condiciones

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
			<p>(Nivel límite del agua fácilmente aprovechable) y aplicar la cantidad precisa</p> <p>Utilizar tecnologías como el riego por aspersión, riego por goteo, politubulares etc.</p> <p>Capacitación a personal de campo en mejores prácticas de riego</p> <p>Evitar regar con aguas con alto contenido de sales</p> <p>Regar en el momento justo</p>		<p>técnicas y de calidad así lo permiten</p>

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
Riego	Suelo	Pérdida de suelo por arrastre causado por el riego.  Salinización	-Regar en el momento justo del agua (Nivel límite fácilmente aprovechable) y aplicar la cantidad precisa de agua  Evitar regar con aguas con alto contenido de sales	Establecer sistemas de drenaje donde las características del suelo así lo requieran	Aplicar acondicionadores de suelo (cachaza, biosólidos, compost etc)
	Flora y fauna	Alteración del hábitat de especies	Cumplir la asignación de caudal definida por la autoridad ambiental competente.  Delimitar y conservar las áreas en donde existan especies de		Apoyar a las asociaciones de usuarios en la conservación de cuencas hidrográficas, en programas de reforestación y conservación

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN	DE
			flora y fauna diferentes a las establecidas en cultivos de caña		Recuperar áreas afectadas	
		Disminución de la calidad o cantidad del recurso.  Disminución potencial de capacidad de acuíferos	La captación de aguas debe hacerse de modo que no genere conflictos con otros usuarios por tanto se debe cumplir la asignación de aguas definida por las autoridades ambientales competentes.  La calidad de los drenajes no debe producir daños a otros usuarios del recurso.	Tener un sistema de aforo para captar la asignación de aguas definida por la autoridad ambiental competente		



**Tabla 11:** Aplicación de Maduradores.

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDAS DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
	Agua	Contaminación por efluentes de lavado de recipientes y equipos de fumigación.  Arrastre de contaminantes a las aguas subterráneas y superficiales	No realizar lavados de equipos en inmediaciones a fuentes de agua.  Respetar las franjas de protección de no-aplicación de agroquímicos.  Seguir las disposiciones establecidas por las entidades competentes (véase marco jurídico ambiental).  No aplicar cuando se presenten lluvias	Efectuar el Triple lavado de envases (Ver capítulo 7 numeral 7.3).  Los residuos de mezclas aplicarlos en el cultivo o en tanques de mezcla.  Aplicar justamente las dosis requeridas y en el momento oportuno y los sobrantes de mezclas aplicarlos en otra parte del cultivo	

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDAS DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
Aplicación de Maduradores	Aire	Contaminación del aire	<p>Considerar la dirección y velocidad del viento en el momento de efectuar las aplicaciones.</p> <p>No aplicar en el momento de lluvias</p> <p>Evitar las horas más calientes del día para realizar las aplicaciones -Hacer aplicaciones más rasantes al cultivo.</p> <p>Seguir disposiciones establecidas por las entidades competentes (véase marco jurídico ambiental)</p>		Utilizar variedades con alto potencial para concentrar sacarosa en condiciones naturales y cosecharlas en el momento de óptima maduración.
		Afectación de	Respetar las franjas de protección de no	Seguir las	Compensar los

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDAS DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
	Social	Cultivos vecinos (deriva).	<p>aplicación de agroquímicos.</p> <p>Informar a la comunidad con antelación sobre las aplicaciones y las consideraciones a tener en cuenta para evitar daños.</p> <p>Utilizar productos selectivos en inmediaciones a lotes vecinos</p>	<p>recomendaciones del manejo y disposición final de envases que han contenido agroquímicos (Convenio Asocaña-Andi. (Ver capítulo 7 numeral 7..3).</p>	<p>daños si se afectan cultivos vecinos.</p>

**Tabla 12:** Quema programada de caña.

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
<b>Quema Programada de caña.</b>	Aire	Contaminación del Aire por pavesa	<p>Aplicar el Manual para efectuar una quema y el Plan de Contingencia en caso de incendio.</p> <p>Tener como base los Estudios técnicos de comportamiento del viento y transporte de pavesas.</p> <p>Cosechar en verde las áreas restringidas</p> <p>Respetar los horarios de quemas</p> <p>Controlar el tamaño del área a quemar (máximo 6 Ha.)</p>	<p>Cumplir el Convenio de Producción Limpia</p> <p>Programar y supervisar cada quema -Consultar la red meteorológica</p>	

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	DE	MEDIDA DE MITIGACIÓN	DE
			Seguir las disposiciones establecidas por las entidades competentes (véase marco jurídico ambiental). -Quemar en condiciones				
	Suelo	Afectación del suelo por aumento en la temperatura	Aplicar todas las disposiciones técnicas y jurídicas para realizar una quema programada				
	Flora y fauna	Modificación de hábitat de especies	Aplicar todas las disposiciones técnicas y jurídicas para realizar una quema programada				
			Preparar y responsabilizar a profesionales idóneos para la realización y supervisión de las.	Mejorar los sistemas de Verificación del	Vigilancia	Adelantar programas de relaciones	de

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
	Social		Divulgar los compromisos y requerimientos ambientales a los proveedores	cumplimiento de los compromisos  Instalar pavesómetros y veedores de quemas como estrategia interna de control.	públicas, mediante la divulgación del programa, las mejoras que se espera obtener.  Compensar los daños si se afectan cultivos vecinos.

**Tabla 13:** Corte, Alce y Transporte.

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACION
<b>CORTE, ALCE Y TRANSPORTE</b>	Suelo	Afectación de las características del suelo por deficiente acumulación de residuos  Compactación por maquinaria	Encallar los residuos al 2 por 1 (dos surcos sin residuos y uno con residuos), realizando un buen aporque, para una mejor distribución del residuos y sus lixiviados.		Investigar en variedades de baja producción de residuos y alta concentración de sacarosa.  No cosechar mecánicamente en épocas húmedas, en especial en las zonas donde la precipitación es elevada.
		Exposición al ruido, polvo y vibración	Llenar de caña los vehículos hasta un nivel que no haya	Controlar horarios para la circulación de maquinaria.	Optimizar el transporte, disminuyendo tiempos

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACION
	Social	En períodos húmedos arrastre de suelo a las vías  Deterioro de las vías - Dispersión de caña en las vías	rebosamiento, en algunas ocasiones cubrir los vehículos transportadores, de manera que la caña no se disperse a lo largo del recorrido.  Utilizar en lo posible vías internas	Cubrir con material inerte las zonas de salida de los predios para disminuir el arrastre de barro.	y distancias



**Tabla 14:** Generación de vapor.

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
Generación de vapor	Agua	Contaminación del agua por altas temperaturas y SST: vertimientos de agua caliente (purgas de las calderas), trampas de vapor.	<p>Evaluar los potenciales consumidores de purgas de calderas o la viabilidad de introducirlas a las torres de enfriamiento.</p> <p>Optimizar la combustión.</p> <p>Adelantar programas de capacitación en procesos de control de la combustión y generación de vapor</p>	<p>Evitar los altos niveles de agua en el domo superior de las.</p> <p>Recoger los residuos de carbonilla y cenizas en el sitio.</p> <p>Dirigir estos vertimientos a los tratamiento</p> <p>Control De calderas de producción sistemas Específicos.</p>	

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
	Aire	Contaminación Atmosférica por la emisión de material particulado y gases NOx y SOx.  Generación de ruido	Utilizar combustibles más limpios Optimizar la combustión, el uso de vapor y de energía.  Adelantar programas de capacitación en procesos de control de la combustión y generación de vapor.  Usar aislantes térmicos y de ruido para las tuberías de vapor	Instalar sistemas de control de emisiones a la atmósfera	
	Suelo	Contaminación del suelo por residuos sólidos como	Adelantar programas de capacitación en procesos de disminución y control en la	Implantar sistemas de gestión de residuos sólidos	

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
		recipientes, combustibles, resinas, arena, carbonilla, cenizas.	fuente. Instalar sistemas de contención para evitar derrames de combustibles líquidos	desde la separación hasta la disposición final	
	social	Deterioro de calidad del aire	Implantar medidas de prevención en general	Instalar sistemas de control de emisiones a la atmósferav	Realizar programas de investigación descontaminación de suelos afectados

**Tabla 15:** Lavado y preparación de caña.

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL
Lavado y preparación de caña	Agua	Contaminación del agua por DBO5, SST y grasas	<p>Lavar caña cuando sea estrictamente necesario, optimizando los consumos de agua.</p> <p>Evaluar y optimizar sistemas de lavado de caña.</p> <p>Utilizar y/o optimizar sistemas de enfriamiento en circuito cerrado para el enfriamiento de equipos.</p> <p>Evaluar posibles sistemas de limpieza de caña en seco (ventiladores) -Utilizar lubricantes menos contaminantes.</p> <p>Optimizar los sistemas de lubricación</p>	<p>Sistemas de tratamiento de efluentes de lavado. -</p> <p>Recolección de las grasas en trampas de grasas</p>

ACTIVIDAD	RECURSO	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO	MEDIDA DE CONTROL
	Aire	Contaminación del aire: Emisiones de vapor a la atmósfera, ruido Emisiones de material particulado.	Optimización de la alimentación de caña.  Implantar programas de control de fugas de vapor y estado de aislantes térmicos	
	Suelo	Contaminación del suelo: lodos, bagacillo, residuos lubricantes etc.	Implantar programas de recolección disminución de basura en patios  Evitar la caída de lubricantes al suelo y protección de pisos. -Recoger los residuos en seco.  Optimización de sistemas de extracción de lodos en los cárcamos de los conductores de caña.	Implantar sistemas de gestión de sólidos desde la separación hasta la disposición final

**Tabla 16:** Identificación de aspecto e impacto ambientales.

Subprocesos	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Solución
<b>Acondicionamiento</b>	Generación de vertimiento de agua por el lavado de la caña	Contaminación de agua	
	Generación de residuos sólidos (bagazo).	contaminación del suelo	
<b>Fermentación</b>	Generación de Co <sub>2</sub>	Contaminación atmosférica	
	Generación de lodos de levadura	Contaminación del suelo	Compostaje
<b>Separación y deshidratación</b>	Generación de los gases de la fermentación	Contaminación del aire	
	Consumo de agua	Presión sobre este recurso.	
	Derrame de soluciones de ácido nítrico o soda	Contaminación de agua	Neutralizar antes de ser vertida.
	Uso de vapor	Presión sobre los recursos agua y	

Subprocesos	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Solución
		combustibles.	
	Generación de vinaza	Contaminación del agua.	
Tratamiento de efluentes	Concentración de vinaza	Contaminación del agua	Implementar un sistema de tratamiento para este residuo
	Generación de flemazas	Contaminación del agua.	

### 12.3 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE LA SOSTENIBILIDAD. (ECRS .V 1.)

#### Metodología.

Evaluación del cumplimiento de los requisitos de la sostenibilidad, es una herramienta que permite evaluar el cumplimiento de los requerimientos necesarios para que la actividad de producción, distribución y uso del etanol como combustible se haga de manera sostenible.

Para la elaboración de esta herramienta fue necesario la recopilación de información secundaria de fuentes como: el Ministerio de Ambiente, Asocaña, FAO, y otra bibliografía reconocida en el tema.

De manera general el ciclo de vida de los biocombustibles lo componen las etapas agrícola (producción de materia prima), procesamiento industrial, distribución y uso, ECRS .V 1. Permite realizar la evaluación de cada una de las etapas, arrojando los siguientes resultados:

- ✓ Porcentaje individual de cumplimiento
- ✓ Grafica del cumplimiento individual de cada etapa.
- ✓ Grafica del cumplimiento general de la producción, uso y distribución.

### **Modo de uso**

La herramienta es de carácter cualitativo, cada etapa está compuesta por preguntas cerradas que admiten como única respuesta Si o No, por lo cual para su uso solo se debe responder a cada pregunta si o no según sea el caso, una vez respondidas todas las preguntas se podrá proceder a realizar los respectivos análisis.

### **Porcentaje individual de cumplimiento.**

El porcentaje asignado a cada etapa fu el siguiente:

- ✓ Etapa agrícola 40%
- ✓ Etapa de procesamiento 30%
- ✓ Etapa de distribución y uso 30%

Se le asigna a la etapa agrícola un porcentaje mayor porque es donde mas impactos se producen.

El porcentaje de cumplimiento individual corresponde al porcentaje de requisitos cumplidos en esa etapa, y el porcentaje de cumplimiento general



corresponde al porcentaje de requisitos cumplido en la etapa con respecto a la actividad en general de producción, distribución y uso del etanol como combustibles.

### **Grafica del cumplimiento individual de cada etapa.**

Las gráficas de cumplimiento individual de cada etapa permiten analizar y tomar decisiones, para mejorar la sostenibilidad siempre que sea necesario

### **Grafica del cumplimiento general de la producción, uso y distribución.**

Permite observar de manera general el cumplimiento de los requisitos de sostenibilidad en toda la actividad de producción, distribución y uso del etanol como combustible.

## **ETAPA AGRÍCOLA**

La etapa agrícola está a su vez compuesta por subetapas como se describieron anteriormente y comprenden todas las actividades necesarias para la producción de la materia prima para la elaboración del etanol, la fuente bibliográfica para la elaboración de esta etapa fue la Guía Ambiental para el sector de la caña de azúcar del ministerio de ambiente, la cual se describió anteriormente, cada subetapa tiene el mismo valor porcentual.

Figura. 11. Etapa agricola

ETAPA AGRICOLA			
1.1 ADECUACIÓN Y PREPARACIÓN		SINO	PUNTAJE
ADECUACIÓN Y PREPARACIÓN: DESECPADA, NIVELACIÓN, SUBSOLADA, ARADO, RASTRILLADA, SURCADA	1. Se mantienen las zonas de protección de los cauces?	si	1
	2. Se reduce la labranza?	si	1
	3. se realiza la labranza especifica por sitio?	si	1
	4. Se utiliza maquinaria que genera menor presión superficial sobre el suelo y en lo posible de	si	1
	5. Se utilizan tractores con llantas de alta flotación y tractores con orugas?	si	1
	6. Se mantienen protección de los cauces ?	no	0
	7. se controla el horario para la circulación de la maquinaria?	no	0
	8. Se cubre con material inerte las zonas de salida de los predios para disminuir el arrastre de barro?	si	1
<b>PUNTAJE</b>		6	
<b>PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO</b>		75%	
MANTENIMIENTO DEL CULTIVO		SINO	PUNTAJE
	1. Se realizar lavados de equipos en inmediaciones a fuentes de agua?	no	0
	2. Cumplen con las franjas de protección de no-aplicación de agroquímicos?	no	0
	3. Se siguen las disposiciones establecidas por las entidades competentes (véase marco jurídico	si	1
	4. se aplican cuando cuando se presenten lluvias?	no	0
	5. Se considera la dirección y velocidad del viento en el momento de efectuar las aplicaciones?	si	1
	6. Evitan las horas más calientes del día para realizar las aplicaciones?	si	1
	7. Se cumplen las franjas de protección de no-aplicación de agroquímicos?	no	0
	8. Aplican justamente las dosis requeridas y en el momento oportuno?	si	1

Grafica

Figura. 12. Grafica etapa agricola



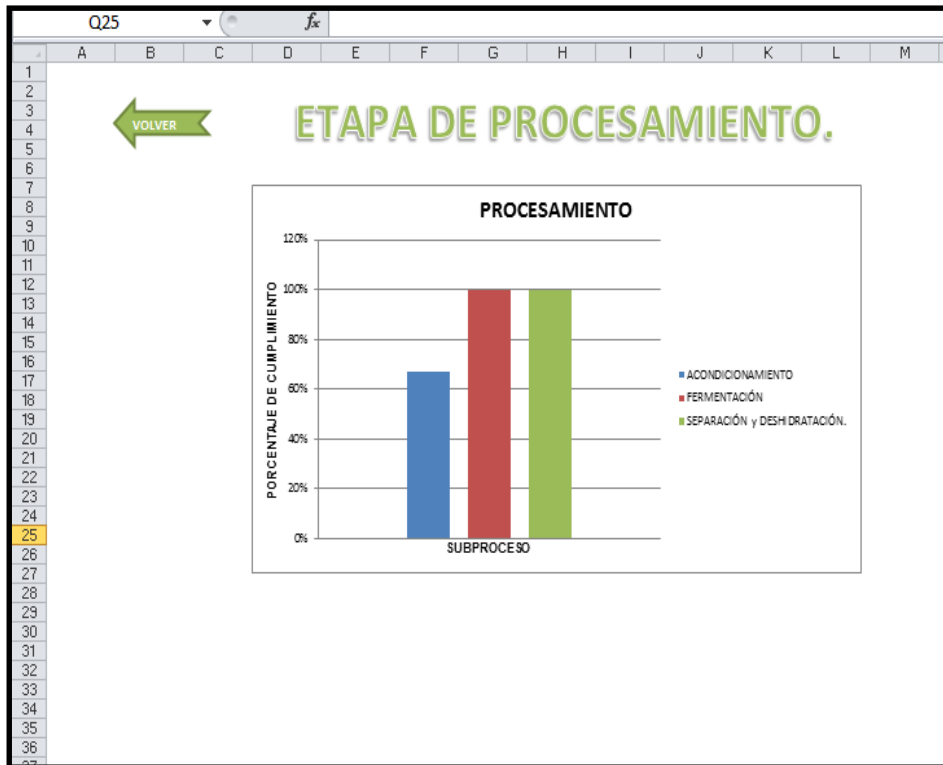
**ETAPA DE PRODUCCIÓN**

La etapa de producción está compuesta por la subetapas acondicionamiento, fermentación, separación y deshidratación, cada una de estas tienen el mismo valor porcentual.

**Figura. 13.** Etapa de procesamiento

PROCESAMIENTO			
	PROCESAMIENTO	SI/NO	PUNTAJE
ACONDICIONAMIENTO	1. Se trata el agua antes de verter?	si	1
	2. Existen registro de generación de residuos?	no	0
	3. Existen planes de manejo para los residuos producidos?	si	1
	<b>PUNTAJE TOTAL</b>		<b>2</b>
	<b>PORCENTAJE CUMPLIMIENTO</b>		<b>67%</b>
PROCESAMIENTO			
	PROCESAMIENTO	SI/NO	PUNTAJE
FERMENTACIÓN	1. Se utiliza el bagazo como fuente alterna de generación de energía?	SI	1
	2. Existe un sistema de tratamiento para la vinaza ?	si	1
	3. Se vierte la vinaza a fuentes hídricas?	SI	1
	4. Existen sistemas de recirculación de aguas en el proceso de acondicionamiento de la caña?	SI	1
	<b>PUNTAJE</b>		<b>4</b>
	<b>PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO</b>		<b>100%</b>
SEPARACIÓN Y DESHIDRATACIÓN			
	SEPARACIÓN Y DESHIDRATACIÓN	SI/NO	PUNTAJE

Figura. 14. Grafica etapa de procesamiento.



## ETAPA DE DISTRIBUCIÓN Y USO

Está compuesta por las subetapas almacenamiento y transporte, la bibliografía principal para la elaboración de esta etapa fue las normas Técnicas Colombianas NTC-5389 y NTC-5414.

Figura. 15. Etapa de distribución y uso.

Q10

← ANTERIOR

## DISTRIBUCIÓN Y USO

GRAFICA

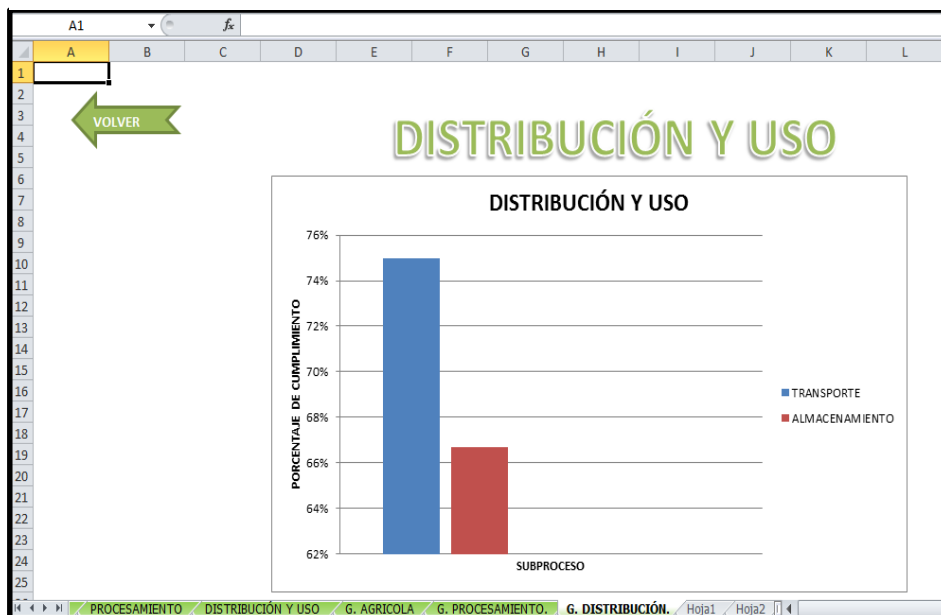
ALMACENAMIENTO		SI/NO	PUNTAJE
ALMACENAMIENTO	El material de los tanques de almacenamiento es el adecuado?	si	1
	Se manipula el etanol con las medidas, que se requieren para el manejo de una sustancia peligrosa de clase 3 según la normatividad competente?	si	1
	el personal cuenta con equipos de seguridad necesario?	no	0
	Se cuenta con personal capacitado?	no	0
	Existe planes de contingencia para un eventual accidente?	si	1
	Existen registros actualizados de inventarios ?	si	1
	<b>PUNTAJE</b>		
<b>PORCENTAJE CUMPLIMIENTO</b>			<b>67%</b>

TRANSPORTE		SI/NO	PUNTAJE
TRANSPORTE	1.El etanol se transporta en carrotanques o camiones cisternas?	SI	1
	2.El carrotanque o camión cisterna esta provisto de un sistema de conexión y descarga de energía estática?	SI	1
	3.El carrotanque o camión cisternas exhibe el rotulado de acuerdo a la normatividad vigente.?	no	0
	4.El carrotanque o camión cisterna cumple los requisitos de las normas vigentes para cargue por el fondo?	no	0
	5.se hace mantenimiento constante a los carrotanque o camiones cisternas?	SI	1
	6.El carrotanque o camión cisterna cumple con los requisitos de seguridad contemplados en la NTC 2854?	si	1

INDICACIONES / E. AGRICOLA / PROCESAMIENTO / DISTRIBUCIÓN Y USO / G. AGRICOLA / G. PROCESAMIENTO / G. DISTRIBUCIÓN

Figura. 16. Grafica de la etapa distribución y uso.



Es un hecho que los biocombustibles han tomado gran auge en los últimos años, debido a la supuesta capacidad de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero que se le ha otorgado, si bien es cierto que al momento de usarse tienen esta ventaja, no se puede resumir a estos los efectos que pueden tener en el medio ambiente y/o en la sociedad sino que también hay que tener en cuenta todo su ciclo de vida para poder determinar el verdadero impacto de su producción y uso.

Los análisis del ciclo de vida intentan determinar los gastos de energía y las emisiones de GEE, desde la producción de materia prima hasta el uso final del combustible. Se consideran los consumos de energía y emisiones asociados a la producción de los insumos y equipos utilizados en la cadena productiva del biocombustible. (Cepal & Fao, 2008).

En esta parte del trabajo no se pretende realizar un análisis del ciclo (ASV) de vida de los biocombustibles, sino que el objetivo principal es, con base en algunos ASV consultados, identificar los impactos principales o los factores de riesgo en cada una de las etapas que componen el ciclo de vida de los biocombustibles.

Los biocombustibles se elaboran a partir de biomasa; en teoría, por tanto, deben ser neutrales en lo que se refiere a las emisiones de dióxido de carbono, ya que durante su combustión se libera de nuevo a la atmósfera solo el carbono captado por la planta durante su crecimiento, a diferencia de los combustibles fósiles, que liberan el carbono almacenado durante millones de años debajo de la superficie de la tierra.

Sin embargo, al evaluar el efecto neto de un determinado biocombustible para las emisiones de gases de efecto invernadero es menester analizar las emisiones a lo largo del ciclo de vida del biocombustible: sembrar y cosechar el cultivo; convertir la materia prima en biocombustible; transportar la materia prima y

el combustible final, y almacenar, distribuir y vender al por menor el combustible, incluidos los efectos de alimentar con combustible un vehículo y las emisiones causadas por la combustión.

Además, es necesario tener en cuenta cualquier posible co-producto que pueda reducir las emisiones. Es evidente, por tanto, que los balances de energía fósil son solo uno de los varios factores que determinan el efecto de los biocombustibles para las emisiones. Entre los factores decisivos relacionados con el proceso de producción agrícola figuran el uso de fertilizantes y plaguicidas, la tecnología de riego y el tratamiento de los suelos. (FAO, 2008b)

Por esta razón se hace necesario evaluar no solo el uso de los biocombustibles, sino todo su ciclo de vida para determinar los posibles impactos provocados, desde el cambio en el uso del suelo hasta la distribución y uso final de los biocombustibles, en este caso se evaluarán las siguientes etapas:

- ✓ Cultivo y Cosecha.
- ✓ Transformación o procesamiento de la materia prima.
- ✓ Distribución y uso del biocombustible.

### **13.1. CULTIVO Y COSECHA**

Esta es una de las etapas de la cadena de producción que más impacto causa, por lo tanto es donde se deben centrar los esfuerzos para minimizar el daño causado, los principales impactos que se presentan en esta etapa, son: alteración al suelo, cambio en el paisaje, presión sobre el recurso hídrico, desplazamiento de otras actividades económicas, emisiones atmosféricas y tal vez el peor de todos el impacto producido por el cambio en el uso del suelo.

**13.1.1. Uso de maquinaria.**

En esta etapa también es necesario considerar el impacto producido por el uso de la maquinaria para la preparación de la tierra, a continuación se muestra la el consumo de combustible por hectárea y por actividad.

**Tabla 17:** Caña de azúcar: Requerimientos de energía para la preparación de la tierra.

Nº	Maquinaria	objetivo	Consumo diesel		Proceso ecoivent*
			[l/ha]	kg/ha	
Primer año preparación de la tierra			[l/ha]	kg/ha	
1	Grada 1	Mezcla de residuos de cosecha, destrucción de heces	18	15,0	Labranza, cultivador rotatorio/CH U
2	Corte de raíz	Rompimiento del suelo compactado mejora de la profundidad de las raíces	48	39,9	Labrado, Rastrilleo, por rastreadora rotatoria/CH U
	arador	Mezcla de tierra vegetal	24	20,0	Labranza, arado/CH U
4	Grada II	Buena superficie de labrado	18	15,0	Labranza, rastrilleo, por rastrillo rotatorio/CH U
5	Grada III	Preparación de la superficie de	18	15,0	Labranza, rastrilleo, por

\* Base de datos.



Nº	Maquinaria	objetivo	Consumo diesel		Proceso ecoivent*
		labranza			rastrillo rotatorio/CH U
6	Laminación	Nivelación: relleno en huecos, rejillas para drenar exceso de agua	7	5,8	Labranza, rastrilleo /ha/CH
7	Surcado	Surcos de siembra	16	13,3	Labranza, rastrilleo /CH U
9	Fertilizantes	Mejorar el suelo: Aplicación de cal.	5	4,2	Fertilización por transmisión/CH U
8	tractor	Siembra	7	5,8	Plantación/ha/CH
9	Fertilización	Fertilización	5	4,2	Fertilización por transmisión /CH U

Fuente: (Consortio CUE, 2012)

**Tabla 18: Consumo de energía de la cosecha manual y mecánica.**

Proceso	Consumo de Diesel (l/ha-año)	kg/ ha-año	Set de datos Ecoivent usado	Descripción
Cosecha Manual	12,9	10,73	Carga del forraje por trailer autocargador /CH U	El inventario tiene en cuenta el consumo de diesel y la cantidad de maquinaria agrícola, que debe ser atribuida a los vagones de caña. Además tiene en cuenta la cantidad de

Proceso	Consumo de Diesel (l/ha-año)	kg/ ha-año	Set de datos Ecoinvent usado	Descripción
				emisiones al aire por la combustión y los residuos depositados en los suelos por la abrasión de las llantas durante el proceso.
Cosecha Mecánica	75,4	62,73	Cultivo, por cultivador completo, remolacha/CH U	El Inventario tiene en cuenta el consumo de diesel y la cantidad de maquina agrícola, que debe ser atribuida al cosechador. Además tiene en cuenta la cantidad de emisiones al aire por la combustión y los residuos depositados en los suelos por la abrasión de la llantas durante el proceso.

**Fuente:** (Consortio CUE, 2012)

### 13.1.2. Cambio en el uso de suelo.

El cambio en el uso de suelo tiene un impacto significativo en las emisiones de dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, puede producir una deuda de carbono que solo se supliría al pasar un tiempo considerablemente largo, además puede causar el desplazamiento de actividades agropecuarias, lo que también puede afectar la producción de alimentos en las regiones.

Una de las desventajas de los biocombustibles es que para generar la materia prima para su elaboración necesita de grandes extensiones de tierra para

cultivarla, lo que hace o impulsa la implementación de los monocultivos, y además hace que se destinen nuevas tierras para estos cultivos, convirtiendo la materia orgánica (plantas) en dióxido de carbono CO<sub>2</sub>.

El tema de las emisiones de GEI asociadas a cambios en el uso de la tierra inducidos por la producción de biocombustibles ha surgido en el último par de años y son hoy una fuente de gran preocupación. Por un lado, se distinguen los cambios directos vinculados al uso de tierras (LUC por su sigla en inglés) – aquellas GEI producidas cuando los feedstocks son cultivados en tierras antes dedicadas a otros fines.

Y por el otro, los cambios indirectos en el uso de tierra (ILUC por su sigla en inglés) - los que se producen por desplazamiento, por ejemplo, a través de la sustitución de pastizales o cultivos que se hacen menos rentables frente a cultivos energéticos y que a su vez avanzan hacia otras áreas (por ejemplo, bosques). (Dufey, 2011).

Los cambios en el uso de la tierra asociados con el auge de la producción de biocombustibles pueden tener repercusiones considerables. Por ejemplo, la conversión de terrenos forestales en tierras de cultivos destinados a la producción de biocombustibles o de cultivos agrícolas desplazados de otras tierras por materias primas para biocombustibles puede liberar grandes cantidades de carbono que tomaría años recuperar mediante la reducción de las emisiones que resulte de la sustitución de biocombustibles por combustibles fósiles. (FAO, 2008)

### **13.2. TRANSFORMACIÓN O PROCESAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA.**

Estas etapas también son de gran importancia ya que también se generan impactos negativos, como el uso de combustibles fósil y las respectivas emisiones de gases de efecto invernadero que a menudo tampoco son tenidas en cuenta, las

cuales también necesitan de medidas de manejos, para hacer la producción y uso de los biocombustibles más sostenible.

Uno de los principales problemas que se presentan en esta etapa de producción es la generación de residuos, donde los principales son: bagazo, cachaza y vinaza.

### **Análisis.**

El aprovechamiento de una tonelada de caña produce aproximadamente 330 kg de bagazo, 30 kg de cachaza y 800 L de vinaza.

En Colombia se produjeron para el 2013, 382.032.000 litros de etanol, con un rendimiento promedio de 75 L / t de caña, (Fedebiocombustibles, 2014), eso significa que se procesaron 5.093.769 toneladas de caña, esto representa 1680.94 toneladas de bagazo de caña, 1528,13 toneladas de cachaza y 4075015.2 litros de vinaza.

Debido a la alta producción de residuos por tonelada de materia prima procesada y sumado a los posibles daños que pueden causar en el medio ambiente estos residuos, si son manejados de una manera inadecuada. Esta etapa del proceso necesita de especial atención y de controles específicos para minimizar el daño que se pueda causar.

### **13.3. TRANSPORTE**

El impacto en esta etapa de la producción se refiere más que todo a los gases de combustión emitidos por los vehículos donde se transporta el etanol y al ruido provocados por estos, además a los posibles accidentes que puedan ocurrir

si no se toman las medidas correspondientes, para evitarlos es necesario contar con buen mantenimiento de los vehículos y un buen plan de contingencia en caso de ocurrir algún accidente en las vías.

#### 14. COMPARACIÓN MÉTODOS

Se escogieron cuatro procesos de producción de etanol en diferentes partes del mundo. Suramérica y EE.UU, a través de diferentes materias primas como se mencionaron anteriormente. Identificando cuales son los aspectos sociales, ambientales y económicos que mejor ofrece en la producción de energía como sustituto de los combustibles fósiles.

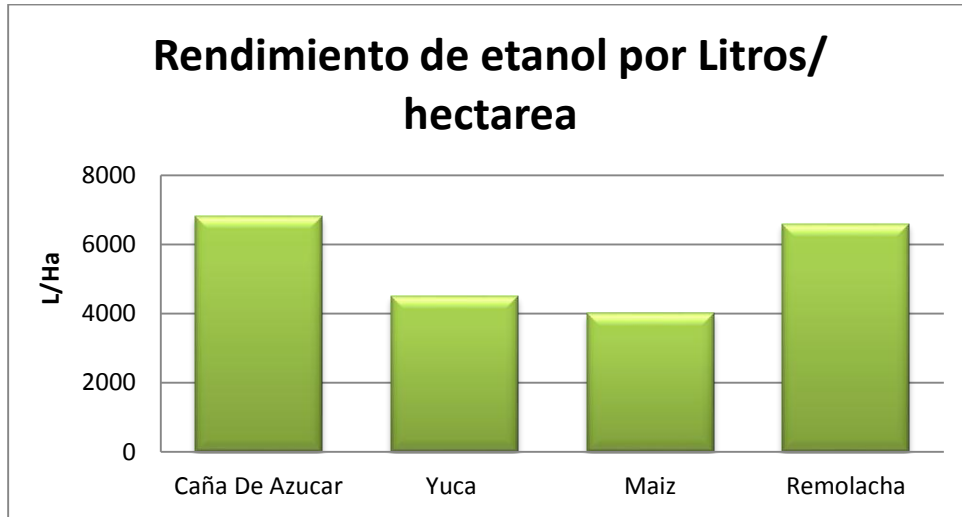
Con base en la información estudiada de cada una de las materias primas para la producción de etanol se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 19:** Sector Económico.

Etanol	Rendimiento de etanol por Litros/ hectárea	Rendimiento energético	precio litro de etanol
Caña De Azúcar	6800	8,3	0,40 us
Yuca	4500	1,2	0,3us
Maíz	4000	1,7	0,37 us
Remolacha	6600	1,5	0,48us
Promedio	<b>5475</b>	<b>3,1750</b>	<b>0,38 us</b>

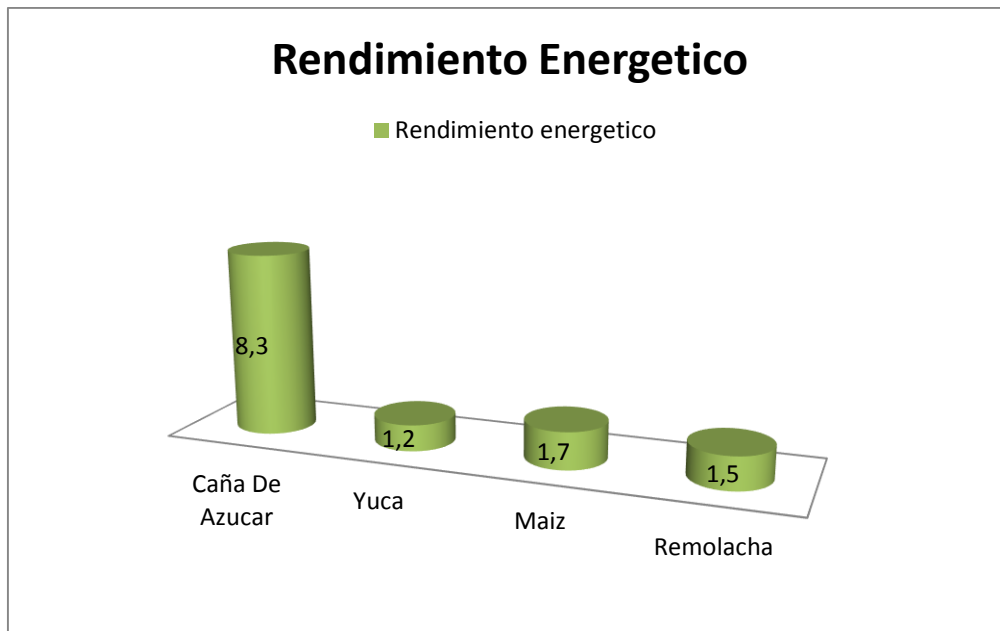
En la tabla observamos el rendimiento de litro de etanol por hectáreas, de cada una de las diferentes materias primas. Poseen una capacidad 5475 litros de etanol, rendimiento energético en 3.1 y precio del etanol en promedio es de 0.38 dólar en cualquiera de los nichos económicos que pertenezca.

**Figura. 17.** Rendimiento De Etanol Por Litros /Hectarea.



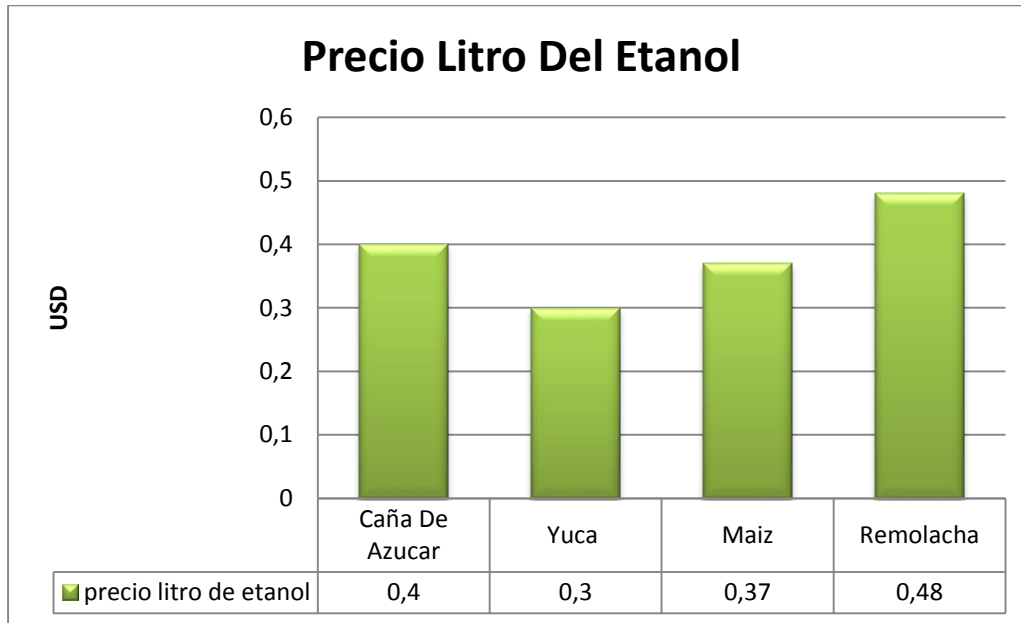
Con base a los gráficos la caña de azúcar es la que mejor rendimiento tiene en la producción de etanol, seguido de la remolacha que también presenta casi el mismo comportamiento de la caña, seguido de la yuca y por último el maíz.

**Figura. 18.** Rendimiento Energético.



La caña de azúcar es la que mayor rendimiento energético tiene, debido a la gran cantidad de residuos (bagazo) que se genera en este sector, seguido del sector maíz que ocupa el segundo lugar, seguido de la remolacha y por ultimo tenemos la yuca con el rendimientos más bajos.

**Figura. 19.** Precio litro de etanol.



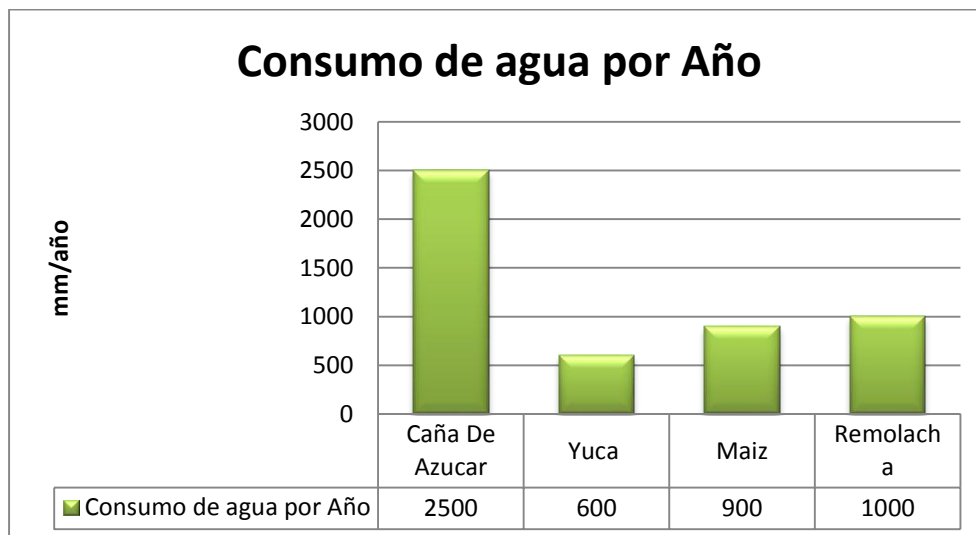
El comportamiento del grafico indica que el precio del etanol a través de la remolacha es el mejor pagado aunque no es mucha la desventaja con respecto a los demás, calculando el promedio, el precio del etanol producido a través de la diferentes materias primas es de 0.38 dólares, precio que está por debajo de los hidrocarburos.

**Tabla 20:** Sector Ambiental

Etanol	Reducción de emisiones CO2 en el uso como combustible	Consumo de agua por Año	Erosión de suelo
Caña De Azúcar	90%	2500 mm/Año	Alta
Yuca	15%	600 mm/Año	Baja
Maíz	30%	900 mm/Año	Medio
Remolacha	55%	1000 mm/Año	Baja

En la tabla tenemos los resultados de cómo impacta de manera positiva o negativa la producción de etanol a partir de las diferentes materias primas, la cantidad de agua necesaria que requieren los cultivos durante un año para que la producción sea un éxito, acompañado de los insumos y fertilización; que lo único que hacen es contaminar los cuerpos de aguas y erosionar los suelos, y que produzca más dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de lo que puede mitigar en el uso del etanol como combustible.

**Figura. 20.** Consumo de agua por año.

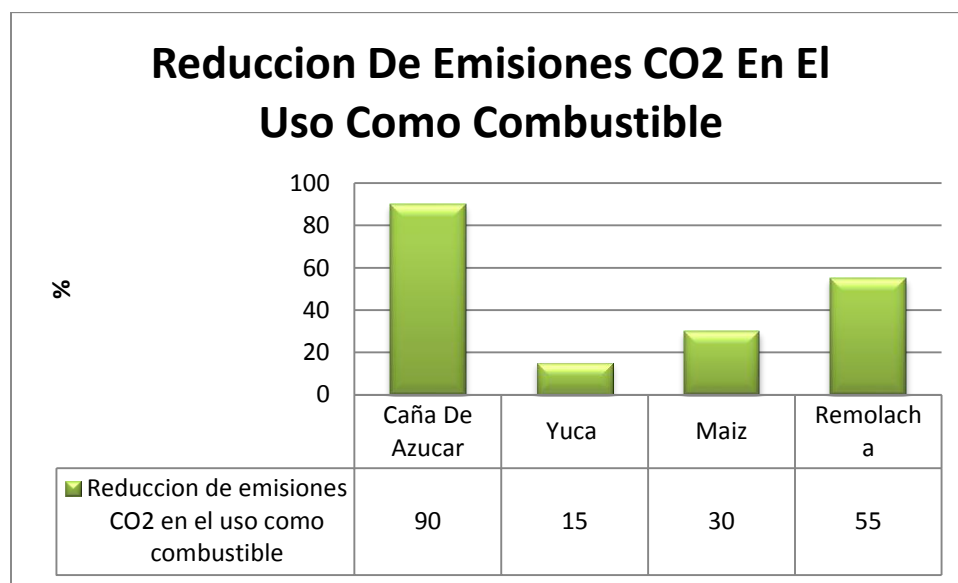




Mediante el grafico podemos observar que la producción de etanol, a través de la yuca es la que menor consumo de agua tiene durante su periodo de cosecha. Por lo tanto se convierte en un punto bastante positivo para el medio ambiente, de esta manera contribuye al ahorro de este recursos hídrico, con respecto a los demás procesos.

NOTA: para los demás cultivos se deben implementar nuevas medidas como por ejemplo: el riego por aspersión, de esta manera contribuyen al ahorro de consumo de agua y vertimientos de aguas residuales. Aprovechando las velocidades de los vientos en la zona.

Figura. 21. Reducción De Emisiones CO2 En El Uso Como Combustible.

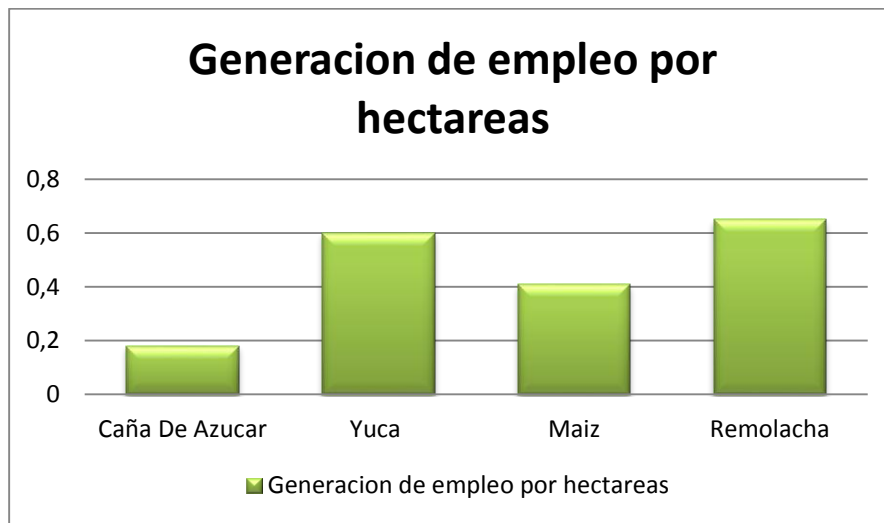


En el uso del etanol como combustible según el comportamiento del gráfico, la caña de azúcar es la que mejor oxigena la gasolina reduciendo casi el 90% CO<sub>2</sub> que se genera en la combustión de los automotriz, de segundo tenemos a la remolacha que se convierte en un fuerte competidor reduciendo en un 55% CO<sub>2</sub> seguido del maíz y por último la yuca.

NOTA: los métodos empleados para producir la materia prima y elaborar el combustible de algunos cultivos pueden generar aún más gases de efecto invernadero que los combustibles fósiles. El óxido nitroso, por ejemplo, un gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento global unas 300 veces mayor que el dióxido de carbono, es liberado por fertilizantes nitrogenados.

### Sector Social

**Figura. 22.** Generación De Empleo Por Hectáreas.



En el sector social la producción de etanol solamente contribuye en la formación de empleo, este es el caso de la remolacha que es la que mejor empleo genera con un promedio de 0.65 empleo por persona por hectáreas. Es decir si tenemos 1000 hectáreas sembradas de remolachas para la producción de etanol, tendríamos un rendimiento de 650 empleos para la región, seguido de la yuca que también muestra casi el mismo comportamiento con un promedio de 0.6 de empleo por hectáreas, en este caso el sector azucarero es el que menor aporte genera para la sociedad.

## 15. RECOMENDACIONES

En esta etapa del trabajo se presentan los elementos o recomendaciones para la sostenibilidad en la producción de etanol como combustible.

### Generales

- ✓ Desarrollar e implementar sistemas de gestión ambiental con el fin de identificar, contrarrestar y disminuir la carga contaminante ocasionada en el proceso de producción distribución y uso de los biocombustibles.
- ✓ Desarrollar e implementar un sistema integral para el manejo y disposición de los residuos producidos en el proceso.
- ✓ Investigar y evaluar la viabilidad ambiental y económica para el uso o implementación de policultivos, con el fin de contrarrestar el impacto producido contra el suelo por el uso de monocultivos.
- ✓ Determinar objetivos y metas o indicadores ambientales, como el consumo de agua, uso de fertilizantes, plaguicidas, consumo de energía, con el fin de crear programas para disminuir el impacto ocasionado por el uso de estos recursos.
- ✓ Delimitar las áreas destinadas a la producción de materia prima para la producción de biocombustibles, con el fin de evitar los despejes o los desmontes de nuevas zonas naturales.

## **Específicas.**

### **Etapa Agrícola**

La etapa agrícola es la etapa que más impactos causa al medio ambiente, donde los más importantes son, el cambio en el uso del suelo, el desmonte de bosques, desplazamiento de actividades agrícolas entre otros, por eso es en esta etapa que se deben tener mayores controles para disminuir el daño que se pueda causar al medio ambiente.

Se recomienda elaborar un sistema de gestión que permita contrarrestar los impactos ambientales, además se debe tener un sistema de monitoreo que permita identificar no conformidades y que permita la mejora continua

Se recomienda seguir la guía ambiental para el sector de la caña de azúcar, mencionada anteriormente para esta etapa.

### **Etapa de procesamiento**

En esta etapa los impactos más significativos son la producción de residuos, el bagazo, cachaza, consumo de agua y energía, por lo que se recomienda diseñar e implementar planes de manejo integral de residuos sólidos, tratamiento de aguas residuales y sistemas de eficiencia energética.

### **Etapa de distribución y uso**

En esta etapa los impactos potencialmente graves son aquellos que se puedan producir por la inadecuada manipulación del combustible, por accidentes ocasionados tanto en la industria como en la carreteras, por tal razón se recomienda cumplir con las medida de manejo de sustancias peligrosas clase (3)

tres, contar con el personal adecuado, diseñar un plan de contingencia y un plan para manejo y transporte del combustible.

## 16. CONCLUSIONES.

Sin duda alguna la industria de los biocombustible está tomando cada vez más fuerza, además se plantean éstos como una alternativa o la solución a la crisis energética que se vive en la actualidad, lo que hace que se perciba la industria de los biocombustibles como algo totalmente sostenible, pero lo cierto es que los biocombustibles son sostenibles si la obtención o producción de la materia prima también lo es, lo que da a entender que se debe tomar muy en serio el tema de la obtención de la materia prima, en este caso la caña de azúcar para la producción de etanol como combustible.

Después de haber estudiado la producción de los biocombustibles a partir de la caña de azúcar se puede sacar las siguientes conclusiones:

- ✓ En el proceso de los biocombustibles se produce una serie impactos ambientales al momento de obtener la materia prima que deben ser tenidos en cuenta a la hora de hacer un análisis de los impactos ambientales.
- ✓ Es necesaria la existencia de una normatividad que regule la producción de los biocombustibles y su uso.
- ✓ Es necesario delimitar la zona o la cantidad de tierras que pueden ser utilizadas para la producción de biocombustibles en Colombia, con el fin de no comprometer nuevas áreas que no son dedicadas a la agricultura en estos momentos, ni mucho menos comprometer los cultivos con fines alimenticios.

- ✓ En Colombia se necesita implementar la producción de nuevas materia prima para contrarrestar los daños causados por el uso de los monocultivos.

Con respecto al análisis del ciclo de vida de los biocombustibles se puede concluir lo siguiente:

- ✓ En la etapa agrícola (producción de materia prima) es donde se presentan los mayores impactos ambientales, siendo los más significativos, el cambio en el uso suelo, afectación sobre la fauna y la flora, presión sobre el suelo, sobre el recurso agua, desplazamiento de actividades agrícolas, desmontes o despejes de cobertura vegetal.
- ✓ En la etapa de producción y o transformación de la materia prima los impactos más significativos son: la producción de residuos (bagazo, cachaza y vinaza) además el consumo de agua y energía.
- ✓ En la etapa de uso y distribución es la que menos impactos tiene, pero sin embargo hay que tener en cuenta el impacto causado por el uso de combustibles fósiles para el transporte.

## 17. BIBLIOGRAFÍA.

- Álvarez Maciel, C. (2009). Mercados actuales y comercio internacional, 63–89.
- Anguilar, N., Rodríguez Lagunes, D. A., & Castillo Morán, A. (2010). Revista VIRTUALPRO ISSN 1900-6241.
- Ariel, C., & Alzate, C. (2009). Perspectivas de la producción de biocombustibles en Colombia : contextos latinoamericano y mundial Perspectives of Biofuels Production in Colombia : Latinamerican and World Contexts.
- Asocaña. (2010). Asociación de cultivadores de la caña de azúcar de Colombia.
- Asocaña. (2012a). Aspectos Generales del sector Azucarero.
- Asocaña. (2012b). Informe anual 2011 - 2012 • asocaña 1.
- Asocaña. (2013). Aspectos Generales del sector Azucarero 2012-2013.
- BNDES, CGEE, F. (2008). Bioetanol de caña de azúcar Una energía para el desarrollo Resumen ejecutivo, 1–32.
- Cardona, C. A., Sánchez, Ó. J., Montoya, M. I., Andrés, J. (2005). Redalyc.SIMULACIÓN DE LOS PROCESOS DE OBTENCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE CAÑA DE AZÚCAR Y MAÍZ.
- Cncrcra, A., Ambiente, M., Reúne, S. E., & Las, C. O. N. (2013). NOTICIAS SECTOR REMOLACHA.
- Consortio CUE. (2012). Capítulo II : Estudio ACV – Impacto Ambiental.
- CUE, C. (2012). Evaluación del ciclo de vida de la cadena de producción de “biocombustibles en Colombia ”. Capítulo III : Estudio SIG - Potencial de Expansión.
- Demirbas, A. (2011). Competitive liquid biofuels from biomass. *Applied Energy*, 88(1), 17–28. doi:10.1016/j.apenergy.2010.07.016
- Desarrollo., M. de A. y. (2008). PRODUCCION DE ALCOHOL CARBURANTE A BASE DE YUCA EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.
- Díaz, María Aguilera. (2012). Documentos de trabajos sobre economía regional.
- Donato, N., & Beltrán, R. (2004). Análisis teórico de los diferentes procesos para la obtención de etanol a partir de maíz, 450(1).

- Dufey, A. (2011). Estudio regional sobre economía de los biocombustibles 2010 : temas clave para los países de América Latina y el Caribe.
- FAO. (2008a). 2008.
- FAO. (2008b). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación issn*.
- Fedebiocombustibles. (2014). Cifras Informativas del Sector Biocombustibles.
- Garc, J. M. (2006). b i o c a r b u r a n t e s líquidos: biodiésel y bioetanol, 125.
- Henderson, M., Baker, R., Peterson, R., Mcafee, E., Towne, G., Beemer, M., ... Wagner, S. (2014). Walls.
- Hoekman, S. K. (2009). Biofuels in the U.S. – Challenges and Opportunities. *Renewable Energy*, 34(1), 14–22. doi:10.1016/j.renene.2008.04.030
- Iván, H., & Peláez, C. (2008). La yuca como alternativa para la producción de alcohol carburante, (6), 25–38.
- Jaime, B. H. (2009). BIOCMBUSTIBLES EN COLOMBIA.
- Luis, J., & Fernández, A. (2012). Biocombustibles derivados del maíz Abstract :, 30–37.
- Machado, C. M. M. (2010). Situación de los Biocombustibles de 2da y 3era Generación en América Latina y Caribe.
- Ministerio de Minas y Energia. (2009). BIOCMBUSTIBLES EN COLOMBIA.
- Ministerio de Minas y Energía República de Colombia. (2007). El programa de biocombustibles en colombia.
- NCGA. (2004). Análisis teórico de los diferentes procesos para la obtención de etanol a partir de maíz, 450(1).
- Organización Internacional del Azúcar. (2012). Perspectivas de producción de azúcar y de etanol en Brasil, (12).
- Perez, A. D. (2008). Evaluación del proceso de producción de etanol carburante a partir de Caña azucarera, remolacha azucarera y maíz. Alan Didier Pérez Ávila 304527
- Rubió, G. (2005). Los biocombustibles : situación actual , análisis y perspectivas de la producción en mercosur y del comercio con la UE, 1–49.



---

Smith, M. E., Flach, B., Bendz, K., Krautgartner, R., & Lieberz, S. (2013). USDA  
STAFF AND NOT NECESSARILY STATEMENTS OF OFFICIAL U . S .  
GOVERNMENT EU-27 Biofuels Annual EU Biofuels Annual 2013 Approved  
By :

18. ANEXOS

Anexo. 1. Beneficios en sostenibilidad energética



**BENEFICIOS EN SOSTENIBILIDAD ENERGETICA**

Cultivo	Eficiencia energética (energía producida/energía requerida)
Palma	6.6
Jatropha	5.0
Colza	1.7
Soya	3.2

Cultivo	Eficiencia energética (energía producida/energía requerida)
Caña	8.3
Yuca	1.2
Remolacha	1.5
Sorgo dulce	2.9
Maíz	1.7

Producción de Combustibles: Alrededor de 18 (teniendo en cuenta todo el proceso de E&P, transporte y refinación)

**Fuentes :** (Ministerio de Minas y Energía República de Colombia, 2007)

**Anexo. 2** Beneficios en generación de empleos



**BENEFICIOS EN EMPLEO AGRICOLA**

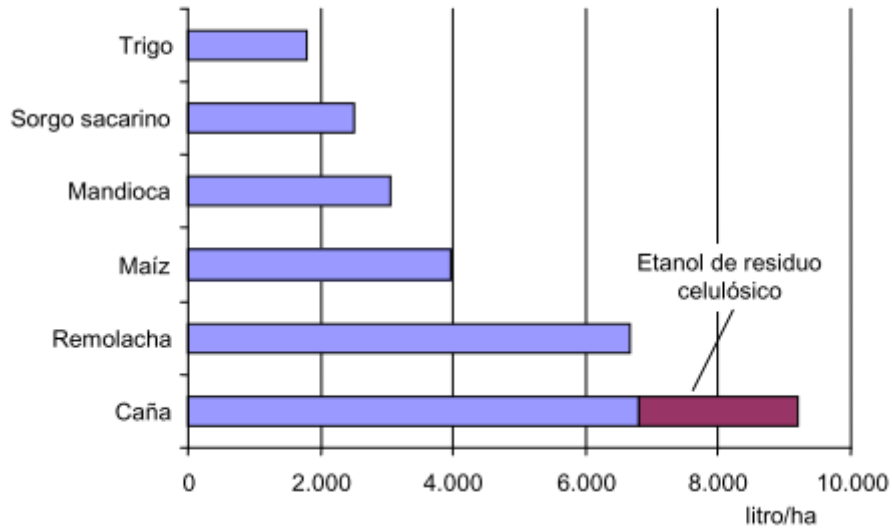
**ETANOL**

<b>Cultivo</b>	<b>Rendimiento (l/ha/año)</b>	<b>Rendimiento (gal/ha/año)</b>	<b>Empleos Agric+ind/ha/año</b>
Caña de azúcar	9.000	2.378	0.18
Yuca	4.500	1.189	0.60
Remolacha	5.000	1.321	0.65
Sorgo dulce	4.400	1.162	0.20
Maíz	3.200	845	0.41

**Fuente.** (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural República de Colombia, 2007).

**Anexo. 3.** Productividad promedio de bioetanol por área para diferentes cultivos.

**Gráfico 1 – Productividad promedio de bioetanol por área para diferentes cultivos**



**Fuentes :**(BNDES, CGEE, 2008)