



## POLUCIÓN HÍDRICA EN EL ECUADOR, COMO RESULTADO DEL PROCESO AGROINDUSTRIAL CAÑERO

### 1.- Diego Iván Cajamarca Carrazco.

Ingeniero Zootecnista y Magister en Sistemas Integrados de Gestión. Docente de la Carrera de Ingeniería en Industrias Pecuarias, de la Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador.

diego.cajamarca@esPOCH.edu.ec

### 2.- Patricia Alexandra Avalos Alvarado.

Estudiante de la Carrera de Ingeniería en Industrias Pecuarias, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador.

alexaavalos2525@hotmail.com

### 3.- Teresa Marilyn Melendrez Vallejo.

Estudiante de la Carrera de Ingeniería en Industrias Pecuarias, de la Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador.

melendrez.marilyn@gmail.com

### 4.- Franklin Javier López Damian.

Estudiante de la Carrera de Ingeniería en Industrias Pecuarias, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador.

Franklindamian96@gmail.com

### 5.- María Magdalena Paredes Godoy.

Ingeniera Mecánica y Magister en Ciencias de la Educación como aprendizaje a la Física, Docente de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba - Ecuador.

mapredes@inach.edu.ec

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Diego Iván Cajamarca Carrazco, Patricia Alexandra Avalos Alvarado, Teresa Marilyn Melendrez Vallejo, Franklin Javier López Damian y María Magdalena Paredes Godoy (2018): "Polución hídrica en el Ecuador, como resultado del proceso agroindustrial cañero", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (septiembre 2018). En línea

[//www.eumed.net/rev/caribe/2018/09/polucion-hidrica-ecuador.html](http://www.eumed.net/rev/caribe/2018/09/polucion-hidrica-ecuador.html)

### Resumen

El artículo presenta la investigación realizada sobre la polución hídrica del Ecuador provocado por el proceso agroindustrial cañero, cuyo principal residuo orgánico es la vinaza, la cual se encuentra fuera de los límites máximos permisibles de acuerdo al normativo legal vigente ecuatoriano, TULSMA Libro VI resolución 097 - A Anexo 1: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, si el mencionado material orgánico (vinaza) entra en contacto directo con el recurso hídrico provocaría daños irreversibles al ciclo biológico acuífero, provocando la desaparición acelerada de especies en peligro de extinción de las

cuencas hídricas del país. En el Ecuador la producción de vinazas se ha incrementado considerablemente, llegando a obtener una producción de 8.661.609 Tm/Ha; lo que vincula a un crecimiento adicional en la producción de etanol generando 1560 litros por Ha de cultivo de caña. Las vinazas pueden ser sometidas a tratamientos de mejoramiento de su calidad físico – química; el tratamiento más adecuado es el que se emplea microorganismos del género *Saccharomyces cerevisiae* para disminuir el DBO y el DQO del residuo, con lo que adquiere mejores características para su utilización en compost, biogás, y concentrados orgánicos ricos en minerales para su aplicación en la elaboración de concentrados para la especie animal. En los actuales momentos el Ecuador utiliza estos residuos agroindustriales para generar biocombustible con el propósito de disminuir las emisiones de  $CO_2$ , al ambiente; el producto es comercializado en su totalidad en el mercado nacional e internacional generando ingresos económicos adicionales para los ingenios azucareros; la incorporación de este carburante amigable con el ambiente no es de total agrado para el consumidor interno debido al elevado coste del producto en relación a los demás carburantes comercializados en el territorio nacional.

**Palabras clave:** Caña de azúcar, destilación, etanol, vinazas, polución hídrica, Ecuador

### **Abstract**

The article presents the research carried out on the water pollution of Ecuador caused by the sugarcane agroindustrial process, whose main organic waste is vinasse, which is outside the maximum permissible limits according to the current Ecuadorian legislation, TULSMA Book VI resolution 097 - A Annex 1: Environmental Quality Standard and Effluent Discharge: Water Resource, if the aforementioned organic material (vinasse) comes into direct contact with the water resource would cause irreversible damage to the aquifer biological cycle, causing the accelerated disappearance of endangered species of extinction of the water basins of the country. In Ecuador, the production of vinasse has increased considerably, reaching a production of 8,661,609 Tm / Ha; what it links to an additional growth in the production of ethanol generating 1560 liters per hectare of cane cultivation. The vinasses can be subjected to treatments to improve their physical - chemical quality; the most appropriate treatment is the one that uses microorganisms of the genus *Saccharomyces cerevisiae* to reduce the BOD and the COD of the waste, with which it acquires better characteristics for its use in compost, biogas, and organic concentrates rich in minerals for its application in the elaboration of concentrates for the animal species. At present, Ecuador uses this agroindustrial waste to generate biofuel with the purpose of reducing the emissions of  $CO_2$ , to the environment; the product is marketed in its entirety in the national and international markets, generating additional economic income for the sugar mills; the incorporation of this fuel friendly with the

environment is not completely pleasing to the internal consumer due to the high cost of the product in relation to the other fuels sold in the national territory.

**Keywords:** Sugar cane, distillation, ethanol, vinasse, water pollution, Ecuador

## Introducción

En la actualidad el Ministerio del Ambiente del Ecuador anuncio que la industria ecuatoriana productora de etanol ha crecido considerablemente debido a su alta demanda, rentabilidad y uso variado que tiene dicho producto final, motivo por el cual también se ha incrementado los índices de polución de los efluentes de dichas empresas agroindustriales.

La agroindustria cañera también ha tenido un crecimiento considerable en México pero dicho aspecto ha provocado mayor contaminación en el país, por lo que el ganador del Premio Nobel de Química Mario Molina mencionó que la tecnología que emplea Brasil para extraer el etanol de la caña de azúcar e incluso del bagazo, es amigable con el ambiente, debido a que en este país utilizan todos los desechos de la agroindustria cañera para la producción de compost, biogás y bioenergía.

La finalidad de este artículo de revisión es dar a conocer la polución hídrica en el Ecuador; resultantes del proceso de destilación del etanol, cadena agroindustrial que emplea la caña de azúcar como materia prima, generadora de residuos perjudiciales (vinazas) para el agua, enfocándonos principalmente en el impacto negativo que causa este compuesto orgánico semisólido, parámetro por el que el Ministerio del Ambiente del Ecuador por medio de su Ministro Tarsicio Granizo socializó que esta entidad gubernamental plantea una intervención basada en la atención y planificación de temas socio – ambientales, para lo cual ha definido ejes de acción. (Biomasa industrial , 2018)

La caña de azúcar es uno de los pilares fundamentales del desarrollo económico del Ecuador, especialmente de las zonas bajas de las provincias de Guayaquil, Cañar, Santa Elena y Los Ríos ya que este producto no garantiza únicamente la sostenibilidad alimentaria del país sino que además se emplea para la producción de electricidad y biocombustible, generando de este modo mayor rentabilidad al sector cañero ecuatoriano y por ende fuente de divisas para el país. (CINCAE, 2017). Cabe recalcar que, de acuerdo a (CFN, 2017), en el año 2016 la provincia del Guayas produjo el 80% de la producción nacional de caña de azúcar, y mencionada provincia emplea 87.255 hectáreas de tierra para cultivar este producto con una rentabilidad neta de 6.961.050 toneladas métricas.

En el Ecuador la producción de alcohol o etanol se ha desarrollado paulatinamente debido a que es una industria emprendedora y tradicional, los mayores productores de azúcar y etanol del Ecuador son tres ingenios azucareros representativos del territorio nacional San Carlos, Valdez y La Troncal (COAZÚCAR); este desarrollo se debe a que estos ingenios utilizaron el 42% de su terreno cultivable para sembrar la variedad de caña denominada EC – 08, la cual ha generado buenos resultados para todas las industrias cañeras que lo cultivan. (CINCAE, 2017)

Las vinazas originadas en procesos productivos de destilación de etanol tienen una relación de producción de 1 litro de etanol y 13 litros de vinaza que puede ser expulsada como efluente directo de esta industria, porque, de acuerdo a (Pine, Ferreira de Camargo, Stropa, Gertrudes de Macedo, & Marcondes de Souza, 2016) “si las vinazas entran en contacto con una fuente hídrica o edáfica rica en biodiversidad ocurre un exterminio y cambios químicos en la composición del líquido, este efecto es producido por su alta demanda biológica de oxígeno que tiene el compuesto, cuyo origen se da por la presencia de la materia orgánica que posee”.

De la agroindustria cañera se puede obtener recursos económicos para la empresa y el país respectivamente; esto se puede lograr si tanto la materia prima (caña de azúcar) al igual que de los desechos derivados de su industrialización reciben un tratamiento adecuado; por ejemplo si a los residuos se le incluye cepas microbianas capaces de disminuir su carga contaminante como es el caso de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* esta es capaz de acelerar el proceso de oxidación de los residuos originando subproductos rentables tal como el etanol, pero en el caso de las vinazas estas se pueden emplear en la producción de biogás, bioenergía, compost, alimentos animales, etc. (CINCAE, 2017)

### **Metodología**

En la presente revisión bibliográfica se utilizó el método lógico empírico el cual está relacionado de ir de lo general a lo particular pudiendo encontrar de esta manera las características de la vinaza, sus efectos contaminantes en el agua, los países con mayor producción de este residuo en la industrialización de la caña de azúcar, entre otros aspectos generalizados sobre el tema.

La información presentada fue obtenida por medio de la técnica de análisis de documentos ya que se obtuvo información de fuentes secundarias como se puede constatar en las referencias bibliográficas. La técnica de análisis de documentos es ampliamente utilizada en la educación superior, debido a su sencilla forma de usar, esta se basa en leer textos, artículos y revistas certificadas con el fin de obtener la información necesaria para redactar los artículos de revisión bibliográfica requeridos.

En la investigación no se empleó ningún tipo de instrumentos para registrar la información obtenida. Sencillamente, toda la información que conforma el cuerpo de la revisión bibliográfica está debidamente citado de acuerdo a las normas APA sexta edición, para evitar el plagio de los estudios y resultados de otras investigaciones.

## **Desarrollo**

### **1. CAÑA DE AZÚCAR**

#### **1.1. Concepto**

El nombre científico de la caña de azúcar es *Saccharum officinarum*, su origen es griego, malayo y sánscrito cuyo significado es azúcar o jugo de la caña de azúcar. (Perafán, 2018)

En la actualidad la caña de azúcar es el cultivo agroalimentario más productivo del mundo debido a su importancia en la industria sucroquímica y bioenergética; esto se debe a que la materia prima presenta gran potencial para la diversificación productiva. (Agroproductividad, 2017)

De acuerdo a (Ledesma S.A.A.I, 2018) la caña de azúcar es el producto principal para mantener la economía de varios país productores de esta materia prima, ya que posee una buena versatilidad para utilizarla en diferentes procesos agroindustriales.

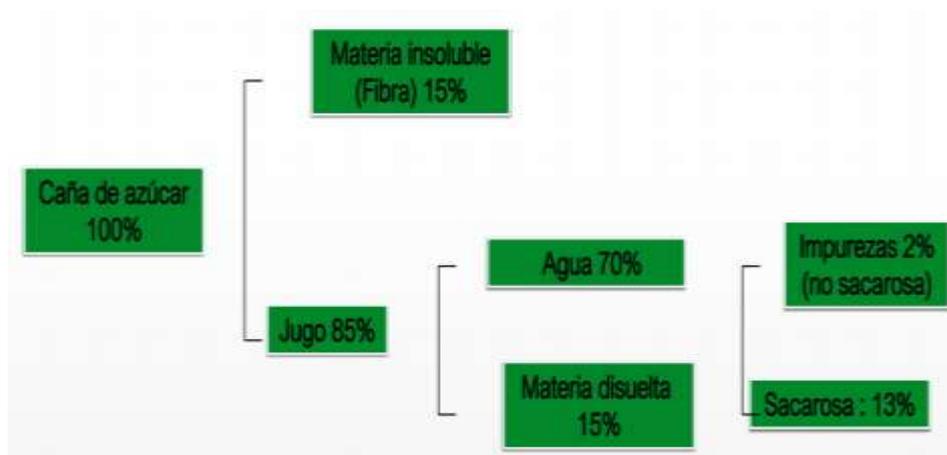
#### **1.2. Historia**

La caña es originaria de Nueva Guinea. En el año 642 a.C. fue implantada en la agricultura de: China, Persia y el norte de África, posteriormente llegó a España en la Edad Media, donde era utilizada como ingrediente de muchas comidas, además era utilizada por los boticarios de la época para la elaboración de medicinas. (Moscoso, 2017)

Cuando los españoles conquistaron el continente americano trajeron consigo a la caña y esta creció únicamente en los lugares cálidos (sitios en los cuales se produce actualmente en el Ecuador: Guayaquil, La Troncal, etc.) (Moscoso, 2017)

#### **1.3. Composición de la caña de azúcar**

**Figura 1. Composición de la caña de azúcar**



**Fuente:** (Larraondo, 2017)

En la figura 1 se observa los parámetros y porcentajes de la composición química de la caña de azúcar. Se puede apreciar que la caña de azúcar está mayormente compuesta por agua lo cual la hace perecedera, motivo por el cual debe respetarse sus tiempos de cultivo. (Larraondo, 2017)

#### 1.4. Clasificación taxonómica

De acuerdo a (Lopez, 2015) La caña de azúcar botánicamente se clasifica de la siguiente manera:

**Tabla 1. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar**

<b>Reino</b>	Vegetal
<b>Tipo</b>	Fanerógamas
<b>Subtipo</b>	Angiospermas
<b>Clase</b>	Monocotiledóneas
<b>Orden</b>	Glumales
<b>Familia</b>	Poáceas
<b>Tribu</b>	Andropogoneas
<b>Género</b>	Saccharum
<b>Especie</b>	Spontaneum y robustum

	(silvestre), edule, barberi, sinense y officinarum (doméstica).
--	--

Fuente: (Lopez, 2015)

### 1.5. Características morfológicas

La caña de azúcar se encuentra constituida por diferentes secciones siendo cada una de ellas características específicas de cada tipo de variedad.

De acuerdo a (Lopez, 2015) La *saccharum officinarum* en general posee un sistema radicular complejo con raíces de la estaca original o primordial y las raíces permanentes, estas dos raíces cumplen la función de fijar al suelo la planta, es decir son el eje subterráneo mediante el cual la caña puede absorber nutrientes y agua del suelo, a la vez la raíz da origen al tallo de la planta que es el órgano más importante de la caña, pues allí es donde se almacenan los azúcares, los tallos se diferencian en cuanto al número, longitud, diámetro y color dependiendo de la variedad; existen tallos primarios, secundarios y terciarios respectivamente. El tallo da vida al nudo y entre nudo de la *Fanerógama* siendo el nudo la porción más dura del tallo y se encuentra formado por el anillo de crecimiento, la banda de raíces, la cicatriz foliar, el nudo propiamente dicho, la yema y el anillo ceroso; mientras que el entre nudo es la parte del tallo ubicada entre dos nudos, el diámetro, color, forma y longitud son variables dependiendo la variedad. El entrenudo tiene diversas formas: cilíndrico, abarrilado, constreñido, coneiforme y curvo. Las hojas se originan en los nudos y se distribuye en posiciones alternas a lo largo del tallo, cada hoja se encuentra formada por: la lámina foliar y por la yagua o vaina. La lamina foliar es importante para el proceso de fotosíntesis, esta es recorrida en toda su longitud por la nervadura central y los bordes presentan protuberancias en forma aserrada, el color, tamaño y disposición dependen de la variedad. La vaina posee una forma tubular, rodea el tallo y es más vasta en la base, la presencia o ausencia de pelos urticantes depende de la variedad y finalmente la flor es una florescencia en forma de espiga. La etapa de florescencia depende de las condiciones climáticas y de la calidad del suelo.

### 1.6. Siembra

De acuerdo a (CENGICAÑA & CAÑAMIP, 2017) el proceso de siembra de la caña de azúcar inicia con la preparación del suelo (fertilización) para obtener una buena "cama" para el óptimo desarrollo de la plantación con el mínimo nivel de daño a la estructura del suelo; luego se realiza la rastra arado y rastra pulidora este paso se realiza manual o mecánicamente (tractores) para enmarcar los canales edáficos por donde se sembrará la semilla y también por donde circulará el agua, el surco

no debiera superar los 15 o 20 centímetros, después se lleva a cabo la selección de la variedad de la caña-semilla e inmediatamente después se realiza la selección del método de siembra donde sea aplicable, la selección del tipo de siembra dependerá del tipo de suelo, la región dónde se vaya a sembrar y otros factores como la disponibilidad de maquinaria y diseño de los campos, posteriormente de forma inmediata se realiza la siembra misma que consta en colocar el material propagativo de la caña de azúcar en el surco, a continuación de esta actividad se procede al tapado de la caña-semilla que debe ser de tres a cinco centímetros, luego se lleva a cabo la resiembra si se presentan problemas en la brotación para lo cual se debe contar con material propagativo que sirva de respaldo y permita una labor rápida de resiembra.

#### 1.7. Requerimientos edafoclimáticos

Según (Infoagro, 2017) los requerimientos edafoclimáticos son:

**Temperatura:** la temperatura mínima oscila entre 14°C – 16°C; pero la temperatura óptima está en un rango de 32°C – 38°C.

**Humedad relativa:** para acelerar el proceso de crecimiento de la caña, la humedad relativa debe ser elevada entre un 75 – 80%.

**Radiación solar:** el 2% de energía que absorbe la planta la transforma en biomasa, motivo por el cual la caña necesita luz solar.

**Riegos:** la caña necesita anualmente entre 1200 – 1500 mm de agua, ya que esta sustancia estimula su producción y acumulación de carbohidratos.

**Suelo:** prefiere suelos ligeros para alcanzar su máximo

#### 1.8. Fases de crecimiento de la caña

Según (Dánce & Sáenz, La cosecha de caña de azúcar; Impacto económico, social y ambiental, 2016) la caña de azúcar tiene cuatro fases de crecimiento. La primera es la fase de establecimiento la cual incluye la germinación y la emergencia, ya sea en plantación (plantillas) o en rebrote (soca y resoca), de los cuales, crecerán nuevos tallos (30 días aproximadamente); la segunda es la fase de achicamiento, formativa o reposo fisiológico (50 días en promedio), la tercera es la fase de crecimiento rápido (180 días) y finalmente la última es la fase de maduración y cosecha (60 días).

#### 1.9. Fertilizantes utilizados

De acuerdo a (García & Serrano, 2015) Una fertilización adecuada y oportuna de los cañaverales es importante, porque mediante ella se puede incrementar la cantidad en la producción por hectárea al igual que la calidad del suelo.

**Fertilizantes químicos.-** También llamados fertilizantes inorgánicos o minerales; existen tres sustancias principales en la composición de los fertilizantes: el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Aproximadamente 50% del aumento en el

rendimiento de los cultivos de caña de azúcar, en todo el mundo, se debe a la utilización de fertilizantes químicos.

**Fertilizantes orgánicos.-** También conocidos como abonos orgánicos, que son producidos a partir de materiales de origen vegetal o animal. La ventaja de este tipo de fertilizantes es la creación de la base para el uso exitoso de la fertilización química, la combinación de estos dos abonos químicos y biológicos intervienen en el sistema integrado de nutrición de las plantas (SINP)

**Biofertilizantes.-** son productos a base de uno o más microorganismos no patógenos del género *Rhizobium* que al ser inoculados a plantas o semillas, pueden vivir en simbiosis, incrementando el suministro de nitrógeno del aire (N<sub>2</sub>) por los nódulos de las raíces de las plantas, la disponibilidad y el acceso físico de este mineral favorece la producción de raíces profundas y la producción de azúcar de la luz solar, del aire, del agua y los nutrientes del suelo a través del proceso de la fotosíntesis .

#### 1.10. Variedades de caña en el Ecuador

Según (CINCAE, 2017) para el año 2016 los cambios climáticos principalmente las precipitaciones favorecieron la maduración rápida de la caña. El Ecuador posee ocho variedades de caña que fueron trabajo del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE) y del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador (INIAP),

Para (CINCAE, 2018) las variedades de caña cultivables en el Ecuador son las que se mencionan a continuación:

**ECU - 01 (ECSP98-169):** esta es una variedad cultivada en el Ecuador. Esta variedad de caña presenta mayor resistencia al ataque de plagas de (*Perkinsiella saccharicida*) y (*Diatraea saccharalis*) pero es mayormente susceptible al ataque de (*Sipha flava*).

**EC - 02 (ECSP2000 - 214):** esta variedad es el resultado del cruce de tres tipos de caña provenientes de Brasil, Australia y Estados Unidos.

**EC - 03 (ECSP2000 - 179) y EC - 04 (ECSP2000 - 215):** son el resultado del cruce de 4 tipos de caña provenientes de Brasil, Estados Unidos, Australia y Ecuador. De estas dos variedades la EC - 04 es la que mayor producción genera, ya que su producción por hectárea es de 112.8 toneladas; mientras que la EC - 03 produce 92.3 toneladas por hectárea.

**EC - 05 (ECSP01 - 190) y EC - 06 (ECSP01 - 588):** son el resultado del cruce de 4 tipos de caña provenientes de Brasil, Estados Unidos, Australia y Ecuador. La que mejor producción por hectárea ofrece es la EC - 05, ya que produce 74 toneladas por hectárea, mientras que la EC - 06 produce 69.5 toneladas por hectárea.

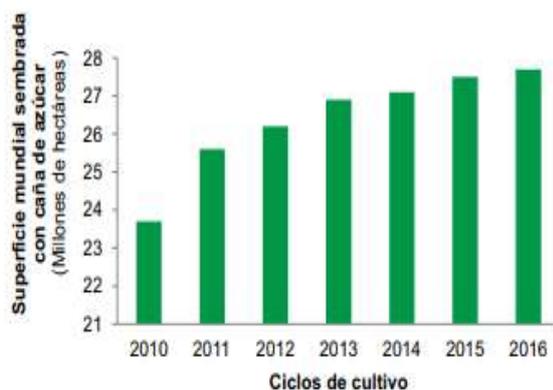
Según (CINCAE, 2016) las últimas variedades **EC - 07 y EC - 08** son el resultado del cruce de 2 tipos de caña provenientes de Brasil y Australia. Estas se

diferencias por su contenido de azúcar ya que la variedad EC – 07 posee menor contenido de azúcar que la variedad EC – 08. Además la variedad EC – 08 tiene una mayor rapidez en su proceso de maduración y de esta se tiene un promedio de 246 sacos de azúcar por hectárea.

#### 1.11. Superficie destinada al cultivo de caña de azúcar en el mundo.

En la figura 2 se aprecia la cantidad de tierras utilizadas para el cultivo de la caña de azúcar a nivel mundial, observando que el territorio de cultivo va creciendo paulatinamente desde el año 2010 hasta el año 2016, la gráfica muestra un crecimiento estable pero no acelerado ya que su producción a nivel mundial a tenido relación directa por sus factores de producción climáticos, costos de producción, nuevas leyes regulatorias que protegen a la naturaleza, tecnificación en la producción, desarrollo de biotecnología, mano de obra especializada, bioconocimiento. etc. (Agroproductividad, 2017).

**Figura 2. Superficie destinada al cultivo de caña de azúcar en el mundo**

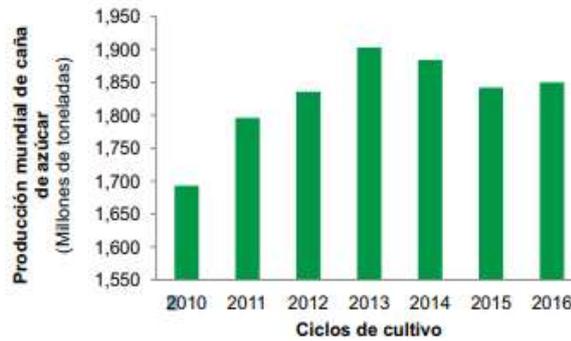


**Fuente:** (Agroproductividad, 2017)

#### 1.12. Producción de caña a nivel mundial

De acuerdo a (Agroproductividad, 2017) la caña de azúcar ha tenido variabilidad en su producción (ver fig.3) y la superficie destinada al cultivo de la caña de azúcar en el mundo

**Figura 3. Producción de la caña de azúcar en materia fresca**



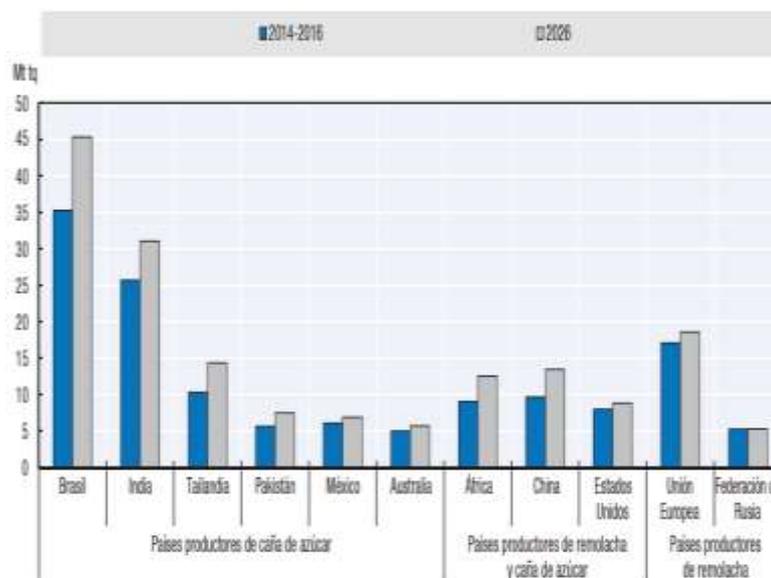
**Fuente:** (Agroproductividad, 2017)

En la figura 3 se observa la producción mundial de la caña de azúcar en los años 2010 – 2016, se puede apreciar que la producción de este cultivo ha sido creciente hasta el 2013 y que a partir de este año se ha mantenido en un parámetro estable de producción; tal vez estos aspectos se deban al calentamiento global, , fertilizantes químicos utilizados, falta de transferencia del conocimiento y mal manejo agrotécnico del cultivo, etc. (Agroproductividad, 2017)

### 1.13. Producción mundial de la caña de azúcar

De acuerdo a (OCDE-FAO, 2017) , Brasil es el principal productor de caña de azúcar a nivel mundial, pero este cultivo se encuentra amenazado por la producción de un producto sustituto agrícola como lo es la remolacha azucarera. (Ver fig. 4)

**Figura 4. Producción mundial de la caña de azúcar**



**Fuente:** (OCDE-FAO, 2017)

La figura 4 indica claramente los productores a nivel mundial de la caña de azúcar, situando a Brasil en la cúspide de la producción cañera mientras que el Ecuador no

figura en la producción a nivel mundial, esto se puede deber a los diversos problemas climáticos por los que ha atravesado el país en los últimos años al igual que la crisis económica que está viviendo actualmente, motivo por el cual no existe mejoras en la producción cañera nacional.

Según (OCDE-FAO, 2017) el predominio de Brasil en el mercado mundial de azúcar se mantendrá durante el periodo de las perspectivas. Mientras que la India, Tailandia y China son los tres principales productores de azúcar en Asia. India es el principal productor de la región y se espera que su producción de caña de azúcar se incremente, impulsada por la demanda interna sostenida y por un subsector de etanol en expansión. Tailandia ha producido grandes cultivos de caña de azúcar tras el aumento de la producción en 2010 y desde 2014 manteniendo la segunda mayor producción de la región.

#### 1.14. Principales productores de caña de azúcar en América latina y el caribe , sus respectivas áreas de cultivo, rendimiento y producción

Según (Marín, Moreno, Farias, Villegas, Rodríguez Baide, & Van den Berg, 2018) La producción de la caña de azúcar es un importante cultivo comercial en todo el mundo, y una de las principales fuentes de azúcar, etanol y azúcar moreno (un producto de azúcar semi-refinado utilizado en el subcontinente indio) a nivel mundial. Sus derivados también se utilizan como forraje para alimentar al ganado en muchos países. Hoy en día la caña de azúcar es cultivada en diferentes países desatancando entre ellos los siguientes.

**Tabla 2. Principales países productores de caña en América latina y el Caribe**

País/ Bloque	Área (ha $10^3$ )				Rendimiento (t $ha^{-1}$ )				Producción (t $10^6$ )			
	1980 / 1990	1991 / 2001	2002 / 2012	2013 / 2016	1980 / 1990	1991 / 2011	2002 / 2012	2013/ 2016	1980 / 1990	1991 / 2001	2002/ 2012	2013 / 2016
<b>Total mundial</b>	1555 8	1898 2	2245 6	2684 9	59.5	62.9	68.9	70.4	927	1180 .4	1551.6	1891
<b>Brasil</b>	3661	4662	7317	1023 8	60.7	66.7	75.8	73.8	223. 4	306. 4	557.7	755. 8
<b>México</b>	555	607	684	771	69.3	73.7	72.9	74.5	38.6	44.1	49.8	57.4
<b>Colombia</b>	309	384	391	408	81.7	85.9	93	88.9	25.1	32.4	36.4	36.3
<b>Guatemala</b>	80	159	212	264	88.8	96.5	94.8	120.9	7.1	14.8	20	31.9

<b>Argentina</b>	294	278	311	351	51.3	63	73.1	66.2	15	17.5	22.7	23.2
<b>Cuba</b>	1326	1156	519	421	54.5	36	32.4	42.8	72.2	43.8	16.7	18
<b>Perú</b>	63	57	72	86	109.9	116.4	122.3	123.2	6.9	6.6	8.9	10.6
<b>Ecuador</b>	91	84	93	101	62.5	60.1	78.7	84.3	5.6	4.9	7.4	8.5
<b>Bolivia</b>	70	87	129	151	41.1	42.5	48.2	49.7	2.9	3.6	6.2	7.5
<b>El Salvador</b>	35	60	64	79	84.2	77.8	81.3	87.4	2.9	4.6	5.2	6.9
<b>Nicaragua</b>	40	46	52	71	61	67.7	88.1	94.5	2.4	3.1	4.6	6.7
<b>Paraguay</b>	54	57	83	119	45.5	46.9	49.4	53.4	2.4	2.7	4.1	6.3
<b>Venezuela</b>	94	119	123	91	65.5	62.6	69.3	61.5	6.2	7.4	8.5	5.6
<b>Honduras</b>	51	46	73	64	60.1	77.4	77.8	82.9	2.9	3.4	5.7	5.3
<b>República Dominicana</b>	189	180	97	107	48.2	32.2	51.5	44.7	9.1	5.9	4.9	4.8
<b>Costa Rica</b>	45	44	53	65	59.6	81.7	77.8	66.1	2.6	3.5	4.1	4.3
<b>Caribe</b>	202	134	101	83	46.9	45.8	44	32.1	9.3	6.9	5.1	4.1
<b>Otros</b>	121	106	110	125	51.7	53.4	54.3	53.2	6.8	6.2	6.4	6.8

**Fuente:** (Marín, Moreno, Farias, Villegas, Rodríguez Baide, & Van den Berg, 2018)

La tabla 2 da a conocer los principales países productores de América Latina y el Caribe, estando situados en los tres primeros lugares Brasil, México y Colombia, estos países encabezan la lista de mayores productores de caña porque cuentan con un buen sistema de riego, es decir el agua en los cultivos no escasea, mientras que los países que tienen menos producción como Ecuador que se encuentra en octava posición se debe a que no poseen un sistema de riego organizado ni desarrollado. La falta de estos sistemas de riego puede deberse a los diferentes

estados económicos de los países, costumbres de siembra y cosecha o simplemente descuido por parte del agricultor y del país. (Marín, Moreno, Farias, Villegas, Rodríguez Baide, & Van den Berg, 2018)

### 1.15. Producción de caña en el Ecuador

En la tabla 3 se observa que el Ecuador basa su producción de caña de azúcar en los ingenios azucareros más importantes del territorio nacional destacando al ingenio Valdez, San Carlos y ECUDOS que son los que mayor cantidad de terreno tienen sembrado y cosechado, lo cual involucra una mayor cantidad de toneladas por hectárea.

**Tabla 3. Total de área cultivada en el Ecuador y su producción**

INGENIO	TOTAL HECTAREAS		TCH	PRODUCCION	
	sembradas	cosechas		Total caña	Sacos 50 kg
Valdez	20.100	19.312	75,00	1'3698.608	3'159.765
San Carlos	22.500	21.344	79,00	1'666.856	3'197.650
Ecudos	24.800	22.200	78,00	1'541.246	3'276.049
Monterrey	2.200	2.200	85,00	187.000	330.900
Lancem	3.300	2.924	82,00	240.940	426.464
Isabel María	1.200	2.924	75,00	82.320	139.944
<b>Total</b>	<b>74100</b>	<b>1176</b>		<b>5'086.970</b>	<b>10'530.868</b>

Fuente: (CINCAE, 2018)

### 1.16. Zonas de cultivo en el Ecuador

De acuerdo a la Corporación Financiera Nacional del Ecuador (CFN, 2017) las zonas donde existe un mayor cultivo de caña se aprecia en la tabla 4.

**Tabla 4. Zonas de producción de caña en el Ecuador**

<b>Año</b>	<b>Provincia</b>	<b>Superficie cosecha (ha)</b>	<b>Producción (Tm)</b>	<b>Rendimiento (Tm/ha)</b>	<b>Porcentaje nacional</b>
2016	Guayas	87.225	6.96.,050	80	80%
	Loja	7.052	777.902	110	9%
	Cañar	6.039	477.134	79	6%
	Resto de provincias	4.315	455.523	103	5%
	<b>Total general</b>	<b>104.661</b>	<b>8.661.609</b>		<b>100%</b>

**Fuente:** (CFN, 2017)

Se aprecia en la tabla, que las zonas de mayor producción de caña de azúcar en el Ecuador se encuentran ubicadas en las provincias del Guayas, Loja y Cañar principalmente. Cabe recalcar que la provincia del Guayas es la que abarca el 80% de la producción nacional de caña en el 2016, su razón principal es la ubicación de dos ingenios azucareros más grandes del país: Valdez y San Carlos.

#### **1.17. Balance de energía de la producción de caña**

La caña de azúcar es considerada una fuente de energía renovable, ya que toda la energía que consume durante su periodo de cultivo es recuperada en el proceso de industrialización, mediante los subproductos obtenidos y utilizados para ayudar a los procesos de destilación principalmente. (FAO, Valdés, M.C.T.M.A., Lopez, & Isaac, 2015)

En la tabla 5 se muestran los consumos de energía fósil para una superficie de 1000 hectáreas dedicadas a este cultivo.

**Tabla 5. Consumo total de energía fósil para la producción de caña de azúcar anualmente.**

Superficie (ha)	Producción (tm)	
<b>Total disponible</b>	<b>1000</b>	
<b>Se corta por año</b>	<b>714</b>	<b>71400</b>
<b>Retoño</b>	<b>428</b>	<b>39578</b>
<b>Quedada</b>	<b>143</b>	<b>31822</b>
<b>Se deja sn corta cada año</b>	<b>143</b>	
<b>Se repone por año</b>	<b>133</b>	

Fuente: (FAO, Valdés, M.C.T.M.A., Lopez, & Isaac, 2015)

La tabla 6 indica el consumo de combustibles en diferentes operaciones agrícolas

**Tabla 6. Consumo de combustibles**

		INDICES		CONSUMOS
<b>a)</b>	<b>Operaciones Agrícolas</b>			
	<b>Siembra</b>	2.2 kg/ ha	133 ha	293 kg
	<b>Cultivo</b>	0.39 kg/ha	428 ha	165 kg
<b>b)</b>	<b>Regadío</b>			
	<b>Planta nueva</b>	12 kg/ha	133 ha	1596 kg
	<b>Retoño</b>	14 kg/ha	428 ha	5992 kg
<b>c)</b>	<b>Fertilizantes</b>			
	<b>Planta nueva</b>	318 kg/ha	133 ha	42 294 kg
	<b>Retoño</b>	276 kg/ha	428 ha	118 128 kg
<b>d)</b>	<b>Cosecha</b>	0.7 kg/tm	71400 tm	49980 kg
<b>e)</b>	<b>Trasportación</b>	5 kg/tm	71400 tm	357 000 kg
<b>Total</b>				<b>575 343 kg</b>

Fuente: (FAO, Valdés, M.C.T.M.A., Lopez, & Isaac, 2015)

En la tabla 6 se puede apreciar el índice de consumo de energía que tiene las diferentes operaciones agrícolas de caña de azúcar, dado a conocer que en el transporte se consume mayor energía mientras que en el cultivo no se emplea mucha energía.

#### **1.18. Precios reales de la caña de azúcar en el mundo**

De acuerdo con (OCDE , 2017, pág. 121) los precios internacionales del azúcar se contemplan en un nivel relativo alto al principio del periodo de las perspectivas, sostenidos por las estrictas condiciones del mercado. Después se estima que bajarán durante varios años antes de reforzarse de manera moderada hacia el final de las perspectivas. Para 2026, se prevé que los precios del azúcar serán más altos que el promedio de las últimas dos décadas en términos nominales, pero más bajos que los expresados en términos reales. Se espera que en 2026 el precio nominal mundial del azúcar sin refinar sea de USD 367/t (USD 16.7 cts/lb) y el del azúcar blanco de USD 453/t (USD 20.5 cts/lb). Se proyecta que la prima de azúcar blanco, si bien aumentará en la actual campaña debido al crecimiento de la demanda de importaciones por parte de Myanmar y Sudán, se restringirá en 2017, a medida que la derogación de la cuota de azúcar en la Unión Europea permita una mayor exportación de azúcar blanco al mercado mundial. La consecuente presión a la baja sobre los precios del azúcar blanco alentarán a los productores a dar un giro para exportar más azúcar sin refinar en vez de azúcar blanco, lo cual, a su vez, estabilizará la prima hacia finales del periodo (USD 86/t). Se proyecta que las variaciones anuales del precio del azúcar disminuirán durante el periodo de la proyección, en virtud de la eliminación paulatina de las políticas de apoyo al azúcar que distorsionan el comercio en varios de los mercados principales del azúcar. Por el lado de la oferta, la Unión Europea eliminará su sistema de cuota de azúcar en octubre de 2017, en tanto que se espera que Tailandia derogue su cuota de producción y sus mecanismos de apoyo a los precios hacia fines de 2017. India ya había puesto en marcha en 2013 políticas para su mercado del azúcar, con el fin de contrarrestar los ciclos de producción recurrentes.

#### **1.19. Costos de producción de la caña de azúcar en el Ecuador**

Según el (BCE, 2017, pág. 52) menciona que los factores desfavorables que tuvieron que enfrentar los productores de caña en esta zona se mencionaron en cuanto a los costos de producción de la caña de azúcar en el Ecuador fue el alto costo de la mano de obra por la cual pagaron USD 11.80 (con alimentación) y USD 14.80 (sin alimentación); la falta de financiamiento (buscan recursos y no tienen respuestas positivas en el sistema financiero) y, los bajos precios de venta en la comercialización de la tonelada de caña y para el año 2017 no se avizorarán cambios relevantes, por ende se mantendría la situación compleja que atraviesa la producción de caña en estas zonas investigadas. Por tal razón, los rendimientos

conseguidos por un pequeño productor se mantiene en 180 TM/ha, que los comercializaron en USD 30 (precio mayor a los USD 21 del año precedente), alcanzando ingresos por USD 5,400, lo que les permite cubrir los costos de producción y obtener una utilidad de 43%.

#### 1.20. Residuos agrícolas e industriales

De acuerdo a (Valeiro, Portocarrero, Ullivarri, & Vallejo, 2017) Los residuos de la industria azucarera pueden clasificarse según su procedencia en residuo de la cosecha de caña, bagazo, aguas residuales de la fabricación de azúcar, cachaza o torta de filtro, cenizas y vinazas de residuos alcohólicos. (Valeiro, Portocarrero, Ullivarri, & Vallejo, 2017)

**Bagazo:** es el residuo fibroso generado luego de la extracción del jugo en el proceso de fabricación de azúcar. Este residuo orgánico es utilizado como fuente de combustión para otros procesos como: la molienda, la destilación y también ayuda en la generación de vapor.

**Cachaza o torta de filtro:** es un subproducto resultante del proceso de filtración del jugo durante la molienda. Se genera entre 18 y 30 kg de cachaza húmeda por tonelada de caña molida.

**Vinaza:** es un residuo generado en la producción de alcohol en las destilerías, específicamente cuando se realiza el proceso de fermentación y destilación del etanol.

**Residuo agrícola de cosecha (RAC):** es llamado también chala, maloja o rastrojo. Este residuo está conformado por todos los restos de la planta que quedan dispersos en el campo luego de la cosecha de la caña de azúcar. Estos residuos son quemados antes o después de la cosecha lo cual provoca graves problemas ambientales.

#### 1.21. Impactos ambientales de la caña

De acuerdo a (Dánce & Sáenz, La cosecha de caña de azúcar: Impacto económico, social y ambiental , 2016) los principales impactos ambientales que se generan durante la producción e industrialización de la caña de azúcar tenemos:

- Emisión de aguas residuales como parte del proceso para producir azúcar (ingenio azucarero).
- Residuos sólidos contaminados procedentes de la preparación de materia prima y de la purificación del extracto (lodos residuales, en el ingenio azucarero).
- Emisión de contaminantes atmosféricos procedentes de la quema (ceniza) del cultivo previo al corte.
- Compactación y salinización de suelos (campo).

- Alta residualidad de agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas en campo).

### 1.22. Manejo sostenible

En la actualidad a nivel mundial el Manejo Sostenible de Tierras, es importante ya que nos ayuda a proveer los alimentos necesarios para el sustento alimentario de las personas y económico del país.

El Manejo Sostenible de Tierras es muy importante para todos los países, especialmente de las tierras productoras de caña de azúcar, ya que este producto provoca desertificación en el suelo porque absorbe todos los minerales presentes para poder desarrollarse en su totalidad, por ese motivo se recomienda que todos los agricultores realicen una revitalización del sustrato para evitar pérdidas económicas y ecológicas futuras. (Pérez, Santana, & Rodríguez, 2016)

### 1.23. Valor económico

De acuerdo a (Agroproductividad, 2017) El valor económico de la caña de azúcar se basa en tres atributos:

1. Es una especie altamente productiva
2. Es muy eficiente en el uso de insumos y recursos productivos
3. Puede ser procesada de manera local y generar productos con valor agregado, tales como sacarosa, melaza, etanol y energía, todos ellos de fácil manejo, almacenamiento y transporte.

## 2. ETANOL

### 2.1. Concepto

El etanol o alcohol es un líquido incoloro y volátil que se obtiene a partir de la fermentación anaerobia de los carbohidratos (azúcares y almidón) de la materia prima (caña, remolacha, uva, cereales, etc.) y una posterior destilación. Está presente en las bebidas fermentadas. (Molina & Quiñonez, 2012)

### 2.2. Propiedades físico – químicas

El etanol tiene una gran variedad de reactivos como: difluoruro de disulfurilo, nitrato de plata, pentafluoruro de bromo, perclorato de potasio, etc. Pero este también cuenta con características físicas como es su estado líquido entre otras características. (FLORES, 2017)

**Tabla 7. Propiedades físico químicas del etanol**

Estado fisico	Liquido incoloro
Aspecto	Volatil
Olor	Olor Agradable

Sabor	Picante
Acidez (pKa)	15.9
Apariencia	Incoloro
Solubilidad enb Agua	Misicible
Densidad	810kg/m <sup>3</sup> ; ( 0,810 g/cm <sup>3</sup> )
Kps	n/d
Masa molecular	46.07 uma
Momento dipolar	n/d
Punto de fusion	158,9 K (-114,1 °c )
Punto de ebullicion	351,6 K ( 78,6 °c )
ΔH° gas	-235,3 kJ/mol
Temperaura critica	514 K ( 241°c )
ΔH° liquido	-277,6 kJ/mol

**Fuente:** (FLORES, 2017)

### 2.3. Obtención

Según (Caña Brava, 2015) el proceso de obtención de etanol a partir de la caña de azúcar es el siguiente:

**Recepción de la caña:** la caña de azúcar llega del campo en camiones que es descargada en la mesa de recepción, para iniciar el proceso de extracción.

**Preparación de la caña:** en esta etapa la caña es desfibrada a través de cuchillas y un molino de martillos para facilitar la extracción del jugo.

**Difusor:** equipo donde a la caña desfibrada se le extrae el jugo a través de la dilución en agua caliente, logrando una extracción del 97.5% de azúcar. El jugo de caña obtenido continúa su proceso para obtener el alcohol.

**Evaporación:** se evapora el excedente de agua del jugo de caña extraído y se estandariza sus niveles de azúcar.

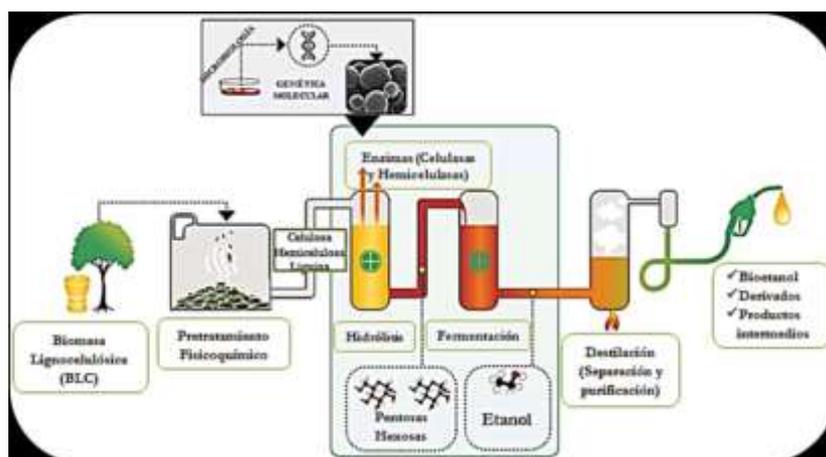
**Fermentación:** Aquí interviene la levadura encargada del proceso de fermentación que convierte el azúcar del jugo de caña en alcohol etanol, obteniéndose un producto llamado vino.

**Destilación y rectificación:** En este proceso se eleva la temperatura del vino. De esta manera, se evapora el alcohol y se logra separar del agua. El grado alcohólico se eleva hasta 96% de pureza.

**Deshidratación:** La humedad restante es retirada y se eleva finalmente el alcohol al grado de 99.70% de pureza. En esta etapa final se usa resina zeolita que retiene el agua.

**Almacenamiento:** El alcohol producido en el proceso es almacenado en tres tanques de 5'000,000 litros de capacidad cada uno para su distribución y venta respectiva.

**Figura 5. Esquema de la producción de etanol de caña**



Fuente: (Gurdo, 2016)

### 3. VINAZAS

#### 3.1. Concepto

Las vinazas son el residuo de la elaboración del alcohol, esta materia orgánica sobresale como fertilizante en la industria cañera mundial ya que es rica en una amplia gama de sustancias como: potasio, magnesio, calcio fósforo y nitrógeno. (Figueiredo, Lima, & Rocha, 2017)

Según (CONADESUCA, 2016) provienen de la caña de azúcar y se obtienen de la fermentación y destilación de las melazas; son el principal residuo orgánico en la obtención de alcohol. Es un líquido de color de café con bajo pH, olor dulce y alto contenido de materia orgánica disuelta y en suspensión. Por cada litro de alcohol producido se obtienen de 12 a 15 litros de vinaza aproximadamente.

#### 3.2. Composición físico – química de las vinazas

Las vinazas al ser un residuo orgánico generado por la agroindustria cañera mundial tiene una composición rica en nutrientes que beneficiosa al suelo pero que perjudican irreparablemente el agua. (Figueiredo, Lima, & Rocha, 2017)

De acuerdo a (CONADESUCA, 2016) La composición química de las vinazas es variable y depende del método de la fermentación alcohólica, las especies de levaduras utilizadas, la relación fondaje-vinaza y de la materia prima utilizada en la destilación; este desecho orgánico tiene un alto contenido de materia orgánica,

minerales y elementos esenciales para las plantas, pero son extremadamente corrosivas debido a su pH ácido (4.9 - 5.4), motivo principal por el que se debe evitar el contacto de las vinazas con el recurso hídrico.

**Tabla 8. Composición físico – química de las vinazas**

Brix	60° Bx
Cenizas insolubles	9,17 %
Cenizas solubles	15,47 %
Cenizas Totales	24,64 %
Nitrógeno totales	0,79 %
Alcalinidad $\text{CO}_3^{-2}$	0,68 %
Cloruros Cl	3,20 %
Sulfatos $\text{SO}_4^{-2}$	4,38 %
Fosfatos $\text{PO}_4^{-3}$	0,01 %
Potasio $\text{K}_2\text{O}$	7,62 %
Sodio $\text{Na}_2\text{O}$	1,18 %
Silicatos $\text{SiO}_3^{-2}$	0,12 %

Fuente: (CONADESUCA, 2016)

### 3.3. El impacto ambiental generado por la agroindustria cañera

“Los impactos ambientales de la industria azucarera provocan una incidencia directa en la población, ya sea por la emisión de partículas, gases contaminantes y residuales sólidos o líquidos que dificultan el saneamiento ambiental de los asentamientos. Esto es provocado principalmente por el atraso tecnológico de la industria y la escasa educación ambiental de los colectivos laborales y de la población en general”. (Acosta, López, Sánchez, Almazán, & Chanfón, 2015)

Las vinazas constituyen un factor de contaminación ambiental considerable para la flora y la fauna del planeta. Estudios realizados concluyen que después de la destilación de alcohol, se obtienen aproximadamente de 9 a 15 l de vinaza por cada litro de alcohol producido. (Figueiredo, Lima, & Rocha, 2017)

Según (CONADESUCA, 2016) en muchos lugares la vinaza es vertida en ríos, lagos, presas y canales sin ningún tratamiento, provocando una contaminación en las fuentes de aguas superficiales y subterráneas con un fuerte impacto sobre el

medio ambiente. Entre sus efectos se encuentra la disminución de la luminosidad de las aguas, la actividad fotosintética, y el oxígeno disuelto, producen eutro-zación del agua, contribuye al aumento de poblaciones de insectos y vectores, y de manera resultante, el desarrollo de enfermedades. En una destilería de mediano tamaño que producen diariamente 50.000 litros de alcohol base 96°, se generan diariamente 750 m<sup>3</sup> de vinaza (ICIDCA 1988), 225.000 m<sup>3</sup> en 300 días de un año, cifra suficiente para preocupar a más de un entendido en la materia y más aún si sabemos que en la mayoría de los países y lugares donde existen destilerías, éstas son vertidas libremente sin ningún tratamiento. Las melazas provenientes de caña de azúcar son las que mayores concentraciones de residuos orgánicos y químicos aportan.

### **3.4. Posibles usos de las vinazas**

Según (CONADESUCA, 2016) tiene que entre las principales tecnologías se tienen las siguientes:

-Producción de proteína unicelular, a través de fermentación aeróbica. Producción de gas metano, a través de fermentación anaeróbica.

-Concentración (alrededor de 60° Brix), con las siguientes posibilidades de uso:

Componentes de raciones animales

Empleo de la levadura como fertilizante

Incinerado para producir fertilizante

-Utilización agrícola sustituyendo total o parcialmente las fertilizaciones minerales:

Producción de levadura forrajera.

-Concentración e incineración para generación de vapor/electricidad.

Compostaje (regulación de temperatura durante la fase termofílica de elaboración)

-Producción de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).

#### **3.4.1. Caracterización energética de vinazas de caña de azúcar como posible biocombustible**

Según (G. del H. Zamora Rueda; M.G. Mistretta; F. L. Peralta; C. E. Gutiérrez ; M. A. Golato & Dr. Paz, 2016) El crecimiento en la producción de bioetanol proveniente de melazas de caña de azúcar durante los últimos años ocasionó el aumento del corte del bioetanol en los combustibles líquidos de dos puntos, otorgado a comienzo de 2016, ha despertado el interés de los industriales azucareros por ofrecer una alternativa segura de disposición del efluente derivado del proceso de

destilación de alcohol (vinaza), para que este biocombustible se convierta en un nuevo generador de la actividad sucroalcoholera. El conocimiento de parámetros físico-químicos y energéticos de un biocombustible permite evaluar su posible utilización y diseñar o rediseñar equipos y cañerías de transporte del mismo. El contenido de ceniza (CZ) de la vinaza permite conocer la cantidad de residuos inorgánicos que dejará su combustión. El poder calorífico superior (PCS) brindará información de la cantidad de calor liberado en la combustión completa de 1 kg de vinaza (en base seca), considerando el calor de condensación del vapor de agua proveniente de la humedad de la biomasa y del agua formada por la combustión del hidrógeno.

#### **3.4.2. Vinaza para generar energía**

Según (Evanildo da Silveira, 2015) indica que más allá de su utilización como fertilizante, el residuo del etanol podría emplearse en la producción de electricidad. El biogás está compuesto prioritariamente por metano, además de dióxido de carbono y otros gases en pequeñas cantidades. Luego de un tratamiento adecuado, a ese biogás se lo puede utilizar para la generación de energía eléctrica. Además, la producción de biogás minimiza el impacto ambiental del uso del residuo como fertilizante en el cultivo de la caña de azúcar. El biogás que se produce en el biorreactor, con menor concentración de CO<sub>2</sub>, puede utilizarse, por ejemplo, para la cogeneración de energía en las calderas de la central. El gas también puede utilizarse en reemplazo de parte del gasoil de los motores de camiones y tractores, lo que vuelve más sostenible el proceso productivo de la caña de azúcar. La vinaza biodigerida, líquida, también puede utilizarse como fertilizante en este caso, el agua extraída durante el proceso de concentración puede retornar a la central con diversas utilidades. "Esto es lo que denomino integración: los residuos se utilizan como parte del propio proceso productivo".

### **3.5. Posibles usos de las vinazas**

Según (CONADESUCA, 2016) los posibles usos de las vinazas se enfocan en:

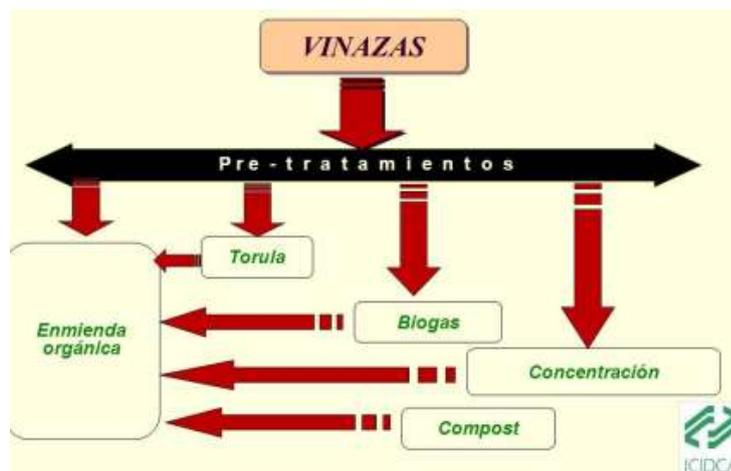
- Producción de proteína unicelular, a través de fermentación aeróbica.
- Producción de gas metano, a través de fermentación anaeróbica, concentración (alrededor de 60° Brix), con las siguientes posibilidades de uso:
  - Componentes de raciones animales

- Empleo de la levadura como fertilizante
- Incinerado para producir fertilizante
- Utilización agrícola sustituyendo total o parcialmente las fertilizaciones minerales.
- Producción de levadura forrajera.
- Concentración e incineración para generación de vapor/electricidad.
- Compostaje (regulación de temperatura durante la fase termofílica de elaboración)
- Producción de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).

### 3.6. Manejo integral de las vinazas

Las vinazas obtenidas en el proceso de destilación del etanol tienen diversas alternativas para utilizarlas siempre y cuando sean sometidas a un pre tratamiento. Este residuo orgánico puede emplearse en la producción de levadura torula como alimento animal, en la producción de biogás como fuente de energía, la producción de compost para mejorar la producción agrícola y de este modo la agro – industria cañera tendría “0 residuos” (ver figura 6). (Chanfón & Lorenzo, 2014)

**Figura 6. Alternativas para el manejo y utilización de las vinazas**



**Fuente:** (Chanfón & Lorenzo, 2014)

Las vinazas al ser utilizadas de forma pura y diluida reaccionan de distintas maneras en la producción de diferentes alimentos. Por ejemplo en la producción de cereales (soja, trigo y quinoa) el residuo orgánico no obtuvo resultados positivos ya que al mejorar una parte de la planta afectaba otra. (González, Languasco, & Prado, 2014)

## 4. BIOCOMBUSTIBLE

### 4.1. Concepto

Es un combustible líquido renovable y sostenible, y podría tener un futuro prometedor para hacer frente a la crisis energética global. En 2011, la producción

mundial de bioetanol se declaró por encima de los 100.000 millones de litros y se esperaba que aumente hasta un 3-7% anual en el período 2012-2015, lo que demuestra que ya es visto como un sustituyente del combustible fósil. (Hugo Permingeat, 2017)

#### **4.2. Clasificación de los biocombustibles**

##### **Biocombustibles de primera generación**

De acuerdo con (Alejos C & Calvo E, 2015, pág. 20) los biocombustibles de primera generación son producidos a partir de productos agrícolas tradicionales como caña de azúcar, trigo, maíz, palma aceitera, soya, entre otros. Estos biocombustibles son producidos y comercializados en cantidades significativas por diversos países y con tecnologías convencionales. Su producción genera gran discusión debido a que compiten con los cultivos alimenticios por recursos como: suelo, fertilizantes y agua. Los biocombustibles de primera generación los componen el biodiesel, bioetanol y el biogás.

##### **Biocombustibles de segunda generación**

Según (Aditiyal, H, 2016) la producción de bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica a escala comercial todavía enfrenta ciertas barreras técnicas que no la hacen económicamente competitiva. Los principales cuellos de botella son la necesidad de un proceso de pre-tratamiento que consume energía, requiriendo una serie de pasos para la conversión global, una gran diversidad en la naturaleza y composición de la biomasa, y en la capacidad de los microorganismos naturales para fermentar los azúcares.

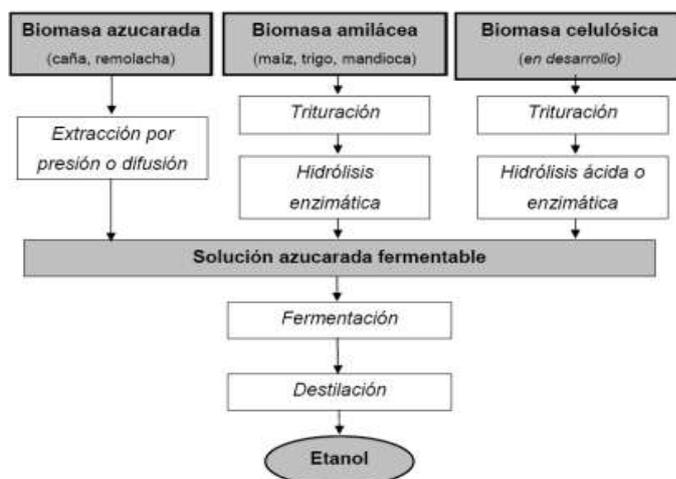
Desacuerdo con (UNCTAD, 2016) Los biocombustibles que han avanzado y son producidos a partir de biomasa no alimentaria, también conocidos como biocombustibles de segunda generación, se han convertido en una realidad comercial, En el informe, *Second-Generation Biofuel Markets: State of Play, Trade and Developing Country Perspectives* (Mercados de biocombustibles de segunda generación: situación actual, comercio y perspectivas de los países en desarrollo), se señala que esto se está produciendo en el contexto de las tecnologías avanzadas, las presiones económicas y la voluntad política de actuar sobre el cambio climático. Según menciona (Aditiyal, H, 2016) la producción de bioetanol de segunda generación, reiteramos, es una solución alentadora para resolver la crisis energética y ambiental. La flexibilidad que ofrece -desde las diversas vías posibles de producción y las varias tecnologías de producción existentes-, respaldan estos aspectos.

#### **4.3. Vías tecnológicas para la producción de bioetanol**

De acuerdo a (Gurdo, 2016) la producción de bioetanol tiene tres vías tecnológicas, en la primera de estas vías menciona la utilización de materias primas dulces directamente fermentadas, mientras que la segunda vía realiza la utilización de materias almidonadas como: el maíz y el trigo, finalmente la tercera vía

enaltece el empleo de materia prima de desechos agroindustriales y agrícolas como: bagazo, paja, vinazas, etc.

**Figura 7. Vías tecnológicas para la producción de bioetanol**



**Fuente:** (Gurdo, 2016)

#### 4.4. Ventajas y desventajas de la utilización de biocombustible

Según la Comisión Nacional de Ahorro de Energía de México la utilización de biocombustibles tiene las siguientes ventajas y desventajas.

##### 4.4.1. Ventajas

El etanol puede ser producido a partir de fuentes renovables.

Produce menor cantidad de dióxido de carbono que la gasolina al quemarse.

Genera menores emisiones de monóxido de carbono cuando se usa como aditivo de la gasolina.

##### 4.4.2. Desventajas

Tiene menor densidad de energía que la gasolina.

Es más costosa que la gasolina.

Genera emisiones altamente evaporativas

Presenta dificultades de encendido en climas fríos

#### 4.5. Biocombustible a partir de los subproductos de la industria azucarera en el Ecuador

##### 4.5.1. Ecopaís

Ecopaís es un combustible (gasolina) ecuatoriano, denominado ecológico porque posee un 5% de bioetanol (alcohol anhidrido) obtenido del procesamiento de la caña de azúcar. (Líderes.ec, 2015)

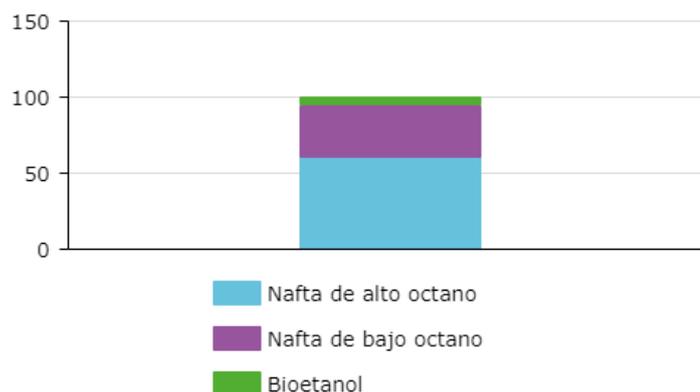
La (Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero, 2017) menciona que junto con INEN son las entidades que se encargan de controlar que la

cantidad y calidad del combustible (ECOPAÍS) que se expende en los centros de distribución, cumpla con la normativa legal vigente.

#### 4.5.2. **Composición del combustible Ecopaís**

La gasolina Ecopaís tiene una composición semejante al carburante extra, pero Ecopaís posee 5% de bioetanol (alcohol anhídrido) lo cual provoca una menor contaminación al ambiente. El carburante Ecopaís posee Nafta de alto octano, Nafta de bajo octano y Bioetanol. (Ver fig. 8)

**Figura 8. Composición del combustible Ecopaís.**



**Fuente:** (EP Petroecuador, 2018)

#### 4.5.3. **Ingenios ecuatorianos involucrados en la producción de gasolina Ecopaís**

En el Ecuador los ingenios azucareros San Carlos, La Troncal, Valdez y Ecudos participan en el programa de biocombustibles desarrollándose como proveedores de etanol al gobierno ecuatoriano para la generación de este carburante, para este fin los ingenios azucareros anteriormente mencionados proyectan una inversión de alrededor de \$ 27 millones para asegurar el destino del combustible y de las divisas extras para sus empresa. (El Universo , 2017)

#### 4.5.4. **Ecuador siembra caña de azúcar para biocombustible**

Según (ECUADORINMEDIATO , 2018) el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Forestal desarrolla el "Proyecto Nacional de Agro energía", para cultivar cerca de 600 hectáreas de caña de azúcar de la hacienda La Indiana, para producir etanol.

En la provincia del Guayas, en el cantón Naranjal el ministro del MAGAP Javier Ponce y el presidente de la Cooperativa La Indiana Jorge Maldonado, iniciaron la siembra de caña de azúcar en 600 hectáreas de

tierra, de los cuales 300 ha se destinará a la producción de azúcar y las restantes 300 ha son destinadas para la producción de etanol.

El presidente de la Asociación Agrícola de Trabajadores Autónomos 27 de Octubre Luis Jordán, reconoció que el Proyecto de Agro energía permite mantenerse dignamente a varias personas pobres y también vuelve productivo terrenos improductivos para generar caña de azúcar para la producción de etanol.

#### 4.5.5. **Marco legal**

De acuerdo a (OLADE, 2015) el marco legal del biocombustible en el Ecuador se sustenta en: Art.15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. (Constitucion de la República del Ecuador , 2008)

Art.1 del Decreto Ejecutivo No. 1303 del 28 de septiembre de 2012 declaró de interés nacional el desarrollo de biocombustibles en el país como medio para el impulso del fomento agrícola. La producción, el uso y el consumo de los biocombustibles responderán a una estrategia inclusiva de desarrollo rural, precautelando la soberanía alimentaria y sostenibilidad ambiental.

#### 4.5.6. **Marco regulatorio**

De acuerdo a (OLADE, 2015) el marco regulatorio del biocombustible en el Ecuador se basa en:

Decreto 1879 (05 agosto 2009 al 18 diciembre 2011) estableció un precio fijo de Bioetanol de 0.76 USD/lts.

Decreto 971 (19 diciembre de 2011 hasta la fecha) reemplazó al Decreto 1879, que toma como base la cotización internacional del azúcar.

Decreto 675 (13 de Mayo de 2015) establece una nueva fórmula para el precio del Etanol, sobre una línea base, con el objeto de promover la inversión para el fomento de la producción de Etanol.

#### 4.5.7. **Total de usos de combustibles segmento automotriz**

El Ecuador dispone de 4 combustibles para el sector automotriz (ver fig. 9), hasta el año 2007 el territorio ecuatoriano contaba únicamente con 3 combustibles de uso general Extra, Súper y Diesel. Todos estos carburantes provocan daños al medio ambiente porque para su fabricación se utiliza materia prima fósil (petróleo y sus derivados). Pero a partir del año 2007 el Ecuador cuenta con un biocombustible propio y amigable con el medio ambiente ya que está elaborado con 5% de alcohol anhidrido. (OLADE, 2015)

**Figura 9. Total de combustibles segmento automotriz**

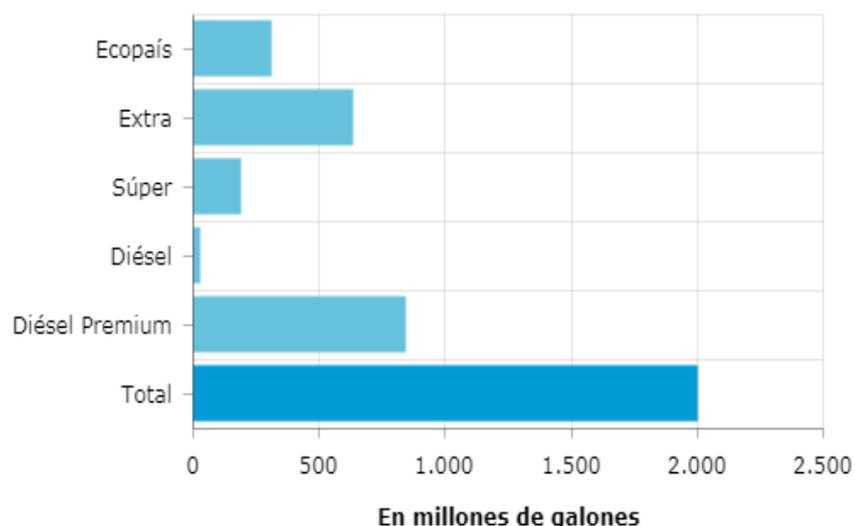


**Fuente:** (OLADE, 2015)

En la figura 9 se observa cómo ha ido incrementando el uso del carburante Ecopaís, iniciando a nivel nacional únicamente con 3% de uso hasta que en la actualidad se ha logrado que los consumidores la utilicen en un 45% dejando de lado a la gasolina Extra. Cabe recalcar que la provincia del Guayas tuvo un papel importante en el proceso de ampliación de este carburante ya que abarcó el 50% de consumo nacional.

(Astudillo & Pacheco, 2017) Actualmente la gasolina Ecopaís va ganando espacio en el mercado ya que únicamente no se comercializa solo en las provincias de la costa, en Zamora Chinchipe y Loja; a partir de Agosto del 2017 inició su comercialización en Azuay, Cañar y Morona Santiago.

**Figura 10. Despacho de combustible por producto en 2017**



**Fuente:** (EP Petroecuador, 2018)

En la figura 10 se observa la cantidad de galones comercializados por cada producto carburante disponible en el país. El producto más comercializado es el Diésel Premium, seguido de la gasolina Extra, luego se encuentra Ecopaís, posteriormente esta la gasolina Súper y finalmente se encuentra el Diesel. Cabe resaltar que el carburante Ecopaís está teniendo una buena acogida en el mercado ya que se encuentra tercero en la lista de consumo y con conocimiento en proyecciones futuras reemplazara por completo a la gasolina Extra. (EP Petroecuador, 2018)

### Conclusiones

La producción de la caña de azúcar se ha incrementado paulatinamente en el Ecuador llegando a obtener 8.661.609 Tm/Ha, de acuerdo a (CFN, 2017) el mayor productor de caña de azúcar a nivel nacional es la provincia del Guayas con 6.961.050 Tn/Ha, disponiendo del 80% de producción nacional, seguida por Loja y Cañar, con producciones de 777.902 Tm/Ha y 477.134 Tm/Ha respectivamente, cada una de ellas ocupa el 9 y 6 por ciento en cuanto a la producción de caña de azúcar a nivel nacional.

La producción de la caña de azúcar se ha incrementado considerablemente en el territorio nacional, lo que ha ocasionado costos ambientales altos, ya que para poder cultivar este producto los agricultores han talado los arboles aledaños a los territorios de cultivo originales, parámetro que ha ocasionado una pérdida considerable de la flora y la fauna del lugar causando un desequilibrio ecológico que actualmente se ve reflejado en el cambio climático y en la calidad de los productos de la caña de azúcar.

De acuerdo a (TULAS Libro VI - 097 A - Anexo 1) los límites máximos permisibles que debe cumplir la industria para efluentes (vinazas) destinados a alcantarillados públicos y cuerpos de agua dulce o salda deben tener un DBO de 100 - 250 mg/l, DQO de 250 - 500 mg/l, solidos suspendidos totales de 100 - 220 mg/l; pero en la revisión bibliográfica

anteriormente citada se puede apreciar que los residuos (vinazas) de la agro – industria cañera Ecuatoriana no cumplen con los límites máximos establecidos ya que sobrepasan estos, obteniendo resultados de DBO 22000 mg/l, DQO 43000 mg/l y solidos suspendidos totales 5000 mg/l.

Las vinazas al ser un residuo orgánico producido por la agroindustria cañera nacional e internacional, son beneficiosas para la fertilización de los suelos pero bajo determinados parámetros y tratamientos, mientras que si este fertilizante natural es aplicado en un recurso hídrico elimina y evita el desarrollo de la vida por la demanda de DQO y DBO. Para que el producto pueda ser utilizado como fertilizante es necesario que se someta a procesos microbiológicos, físicos y químicos para que sufra una oxidación, disminuya la carga excesiva de nutrientes y pierda un porcentaje aceptable de humedad; estas características se pueden lograr mediante cepas microbianas como *Saccharomyces cerevisiae* o empleando un biorreactor para obtener otro producto que ayuda al medio ambiente pero que no aplica en el área de fertilización edáfica.

Los biocombustibles son una alternativa económicamente beneficiosa para la agroindustria cañera ecuatoriana, ya que los ingenios azucareros generan etanol como un subproducto que les otorga un beneficio económico corporativo. El Ecuador actualmente cuenta con un carburante (Ecopaís) beneficioso para el medio ambiente; este subproducto está constituido por 5% de bioetanol (etanol anhidrido) lo cual disminuye la generación de gases perjudiciales para el ambiente. En el territorio nacional el combustible no ha gozado de una buena acogida por parte de los consumidores debido a su elevado costo, motivo por el cual las entidades gubernamentales intentan incentivar el consumo del carburante por medio de campañas publicitarias y de concientización.

## **Bibliografía**

*El Telégrafo*. (15 de Febrero de 2018). Recuperado el 21 de Mayo de 2018, de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/tarsicio-granizo-la-basura-puede-ser-un-gran-negocio>

Acosta, Y., López, F., Sánchez, F., Almazán, O., & Chanfón, J. (enero - abril de 2015). Recuperado el 26 de mayo de 2018, de <http://www.redalyc.org/pdf/4455/445543784009.pdf>

Aditiyal, H. (24 de Junio de 2016). Second generation bioethanol production: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.

Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero. (30 de junio de 2017). *Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero*, 30-31.

Agroproductividad. (Noviembre de 2017). La diversificación de la agroindustria azucarera como estrategia para México. *Índice de revistas Mexicanas de divulgación científica y tecnológica*, 10(11), 8.

- Alejos C & Calvo E. (2015). Biocombustibles de primera generación. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química* , 20.
- Astudillo, G., & Pacheco, M. (25 de Agosto de 2017). La Ecopaís está disponible en el 40% de las estaciones. *El Comercio*.
- BCE. (2017). *Reporte de conyuntura sector agropecuario* . Banco Central del Ecuador .
- Caña Brava. (12 de Marzo de 2015). *El proceso del Etanol*. Recuperado el 31 de Mayo de 2018, de El proceso del Etanol: <http://www.canabrava.com.pe/wp-content/uploads/2015/03/El-proceso-del-etanol-paso-a-paso.pdf>
- CENGICAÑA, & CAÑAMIP. (2017). *BPM de la agricultura caña de azúcar* . Obtenido de BPM de la agricultura caña de azúcar : <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>
- CFN. (2017). *Cultivo de caña de azúcar - 2016*.
- Chanfón, J., & Lorenzo, Y. (2014). alternativas de tratamiento de las vinzas de destilería.Experiencias nacionales e internacionales. *Centro Azúcar*, 41, 56-67.
- CINCAE. (octubre de 2016). Recuperado el 31 de mayo de 2018, de <https://cincae.org/wp-content/uploads/2013/05/Plegable-Varietades-EC-07-y-EC-08.pdf>
- CINCAE. (2017). *Informe Anual 2016*. CINCAE, El Triunfo, Ecuador.
- CINCAE. (Jueves , 31 de Mayo de 2018). *CINCAE*. Recuperado el 31 de mayo de 2018, de [cincae.org/areas-de-investigacion/programa-de-variedades/variedades-nacionales/](http://cincae.org/areas-de-investigacion/programa-de-variedades/variedades-nacionales/)
- CONADESUCA. (septiembre de 2016). *Vinazas: Alternativas de uso*.
- Constitucion de la República del Ecuador . (20 de 10 de 2008). Montecristi , Manabí , Ecuador .
- Dánce, J., & Sáenz, D. (junio de 2016). Recuperado el 25 de mayo de 2018, de <http://www.usmp.edu.pe/contabilidadyeconomia/images/pdf/investigacion/cosecha.pdf>
- Dánce, J., & Sáenz, D. (Junio de 2016). Recuperado el 31 de mayo de 2018, de [www.usmp.edu.pe/contabilidadyeconomia/imagenes/pdf/investigacion/cosecha.pdf](http://www.usmp.edu.pe/contabilidadyeconomia/imagenes/pdf/investigacion/cosecha.pdf)
- ECUADORINMEDIATO . (2018). *ECUADORINMEDIATO* . Obtenido de [http://www.ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news\\_user\\_view&id=2818748631](http://www.ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=2818748631)
- El Universo . (23 de diciembre de 2017). Ingenios invertirán más para gasolina ecopaís . *El Universo*.

- EP Petroecuador, C. (enero de 2018). Recuperado el 25 de Junio de 2018, de <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/02/INFORME-ESTADISTICO-DICIEMBRE-2017-V1-12-01-2018.pdf>
- Evanildo da Silveira. (diciembre de 2015). *pesquisa* . Recuperado el 2018, de <http://revistapesquisa.fapesp.br/es/2016/08/02/vinaza-para-generar-energia/>
- FAO, Valdés, A., M.C.T.M.A., Lopez, P., & Isaac, J. (2015). *fao.org*. Recuperado el 25 de Mayo de 2018, de <http://www.fao.org/docrep/006/AD098S/AD098S13.htm>
- Figueiredo, Lima, & Rocha. (2017). Recuperado el 25 de junio de 2018, de <http://docplayer.es/26835097-Fertirrigacion-con-vinaza-alteraciones-quimicas-del-suelo-y-contaminaciones-de-aguas-subterranas.html>
- FLORES, J. C. (2017). *OBTENCIÓN DE ETANOL ABSOLUTO POR DESTILACIÓN Y ADSORCIÓN* . Recuperado el 01 de Junio de 20128, de *OBTENCIÓN DE ETANOL ABSOLUTO POR DESTILACIÓN Y ADSORCIÓN* : [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4683/Flores%20Cahuana\\_Juan%20Carlos.pdf?sequence=1](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4683/Flores%20Cahuana_Juan%20Carlos.pdf?sequence=1)
- G. del H. Zamora Rueda; M.G. Mistretta; F. L. Peralta; C. E. Gutiérrez ; M. A. Golato & Dr. Paz. (2016). *ASADES*. Obtenido de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/65607/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/65607/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1)
- García, D., & Serrano, H. (10 de Abril de 2015). Recuperado el 25 de junio de 2018, de <https://tecnoagro.com.mx/revista/2015/no-99/fertilizacion-de-la-cana-saccharum-officinarum-l-poaceae/>
- González, J., Languasco, P., & Prado, F. (diciembre de 2014). Efecto de las vinazas sobre la germinación de soja, trigo y quinoa en condiciones controladas. *49*(4).
- Gurdo, N. (Marzo de 2016). Recuperado el 25 de junio de 2018, de [https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Eschema-de-la-produccion-global-de-bioetanol-de-segunda-generacion-2G-a\\_fig2\\_303234696](https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Eschema-de-la-produccion-global-de-bioetanol-de-segunda-generacion-2G-a_fig2_303234696)
- Hugo Permingeat. (24 de Junio de 2017). *Aapresid*. Obtenido de Biocombustibles de segunda generación: un buen fichaje para el campo argentino: <http://www.aapresid.org.ar/blog/biocombustibles-de-segunda-generacion-un-buen-fichaje-para-el-campo-argentino/>
- Infoagro. (2017). Recuperado el 01 de junio de 2018, de [www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_cana\\_azucar.asp](http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_cana_azucar.asp)

- Larrahondo, J. (2017). *Atagua*. Recuperado el 31 de mayo de 2018, de <https://www.atagua.org/presentaciones/XIVCongresoNacional2017/fabrica/composicion-quimica-dr-larrahondo.pdf>
- Ledesma S.A.A.I. (2018). *Ledesma*. Recuperado el 25 de Mayo de 2018, de <http://www.ledesma.com.ar/11/azucar-alcohol>
- Líderes.ec. (31 de mayo de 2015). *Líderes.ec*.
- Lopez, J. (2015). Recuperado el 31 de Mayo de 2018, de [www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/la-cana-de-azucar-\(saccharum-officinarum\)-para-la-produccion-de-panela.-caso-nordeste-del-departamento-de-antoquia.pdf](http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/la-cana-de-azucar-(saccharum-officinarum)-para-la-produccion-de-panela.-caso-nordeste-del-departamento-de-antoquia.pdf)
- Marín, F., Moreno, M., Farias, A., Villegas, F., Rodríguez Baide, J., & Van den Berg, M. (2018). *Modelación de la caña de azúcar en Latinoamérica: Estado del arte y base de datos para parametrización, EUR*. Centro Común de Investigación de la Comisión Europea (JRC). Luxemburgo: Oficina de Puplicaciones de la Unión Europea.
- Molina, C., & Quiñonez, W. (2012). Recuperado el 31 de mayo de 2018, de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/UPS-GT000279.pdf>
- Moscoso, D. F. (2017). *Orígenes y cultura de la caña de azúcar: Desde Nueva Guinea hasta las islas del Atlántico*. Gaviota .
- OCDE . (2017). *Perspectivas Agrícolas . Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos*, 120.
- OCDE-FAO. (2017). *Perspectivas Agrícolas 2017-2026*. Recuperado el 24 de Junio de 2018, de *Perspectivas Agrícolas 2017-2026*: <http://www.fao.org/3/a-BT088s.pdf>
- OLADE. (Julio de 2015). Recuperado el 25 de junio de 2018, de <http://www.olade.org/wp-content/uploads/2015/06/3-VICTOR-PAREDES-ESTADO-DEL-DESARROLLO-DE-BIOCOMBUSTIBLES-EN-EL-ECUADOR-.pdf>
- Perafán, F. (2018). Recuperado el 23 de junio de 2018, de [www.perafan.com](http://www.perafan.com)
- Pérez, H., Santana, I., & Rodríguez, I. (2016). *MST en la producción de Caña* . Recuperado el 31 de Mayo de 2018, de *MST en la producción de Caña* : <file:///C:/Users/Personal/Downloads/15MANEJOSOSTENIBLEDELATIERRAENLA-PRODUCCIONDECAADEAZUCARVOLI.pdf>
- Pine, W., Ferreira de Camargo, A., Stropa, K., Gertrudes de Macedo, E., & Marcondes de Souza, J. (26 de junio de 2016). Influence of Vinasse Application in the Structure and Composition of the Bacterial Community of the Soil under Sugarcane Cultivation. (A. Hiraishi, Ed.) *Hindawi Publishing Corporation, 2016*, 11.

TULAS Libro VI - 097 A - Anexo 1. (s.f.). *Norma de Calidad Ambiental de Descarga de efluentes: Recurso Agua*, 326 Y 331. Ecuador .

UNCTAD. (23 de Febrero de 2016). *Conferencia de la Naciones Unidas sobre comercio y desarrollo*. Recuperado el 05 de Julio de 2018, de Conferencia de la Naciones Unidas sobre comercio y desarrollo:  
<http://unctad.org/es/Paginas/PressRelease.aspx?OriginalVersionID=294>

Valeiro, A., Portocarrero, R., Ullivarri, E., & Vallejo, J. (2017). Recuperado el 26 de mayo de 2018, de  
[https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_residuos\\_sucro\\_alcoholera\\_argentina.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_residuos_sucro_alcoholera_argentina.pdf)