



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

**“EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL
MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL EFECTO CRABTREE.”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

AUTORA: JOHANA STEFANNY NOVILLO AUCANCELA

DIRECTOR: ING. M.Cs IVAN PATRICIO SALGADO TELLO

Riobamba-Ecuador

2021

© 2021, JOHANA STEFANNY NOVILLO AUCANCELA.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, JOHANA STEFANNY NOVILLO AUCANCELA declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 14 de julio del 2021.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Johana Stefanny Novillo Aucancela', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

JOHANA STEFANNY NOVILLO AUCANCELA

CI: 060534326-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación Bibliográfico, “**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL EFECTO CRABTREE**”, realizado por la señorita: **JOHANA STEFANNY NOVILLO AUCANCELA**, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
BQF. MARÍA VERÓNICA GONZÁLEZ CABRERA. MSC		14/07/2021
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	_____
ING. IVAN PATRICIO SALGADO TELLO. MSC		14/07/2021
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	_____
DRA. GEORGINA IPATIA MORENO ANDRADE		14/07/2021
MIEMBRO DE TRIBUNAL	_____	_____

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	viii
INDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	2
1.1 Etanol... ..	2
1.1.1 Características	2
1.1.2 Bioetanol.....	3
1.1.3 Obtención del bioetanol.....	4
1.1.3.1 Producción de etanol en el Ecuador.....	4
1.1.3.2 Usos de Bioetanol	5
1.2 Microorganismos utilizados para la producción de bioetanol.....	6
1.2.1 Levaduras.....	6
1.2.1.1 Levaduras del género <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	7
1.2.1.2 Taxonomía	8
1.2.1.3 Composición de <i>Saccharomyces Cerevisiae</i>	8
1.2.1.4 Requerimientos nutricionales	9
1.2.1.5 Factores a tener en cuenta para el crecimiento y desarrollo de la levadura.....	10
1.2.1.6 Metabolismo de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	11

1.3	Fermentación	11
1.3.1	<i>Fermentación alcohólica</i>	12
1.3.1.1	Efectos en el proceso de fermentación	12
1.3.1.1.1	Efecto Pasteur	12
1.3.1.1.2	Efecto crabtree	12
1.4	Sustratos más empleados para la producción de bioetanol	16
1.4.1	<i>Caña de azúcar</i>	16
1.4.1.1	Taxonomía.....	16
1.4.1.2	Composición de la caña de azúcar	17
1.4.1.3	Usos.....	18
1.4.1.4	Producción de caña de azúcar en el Ecuador	18
1.4.2	Remolacha azucarera	18
1.4.2.1	Taxonomía.....	19
1.4.2.2	Composición de la remolacha azucarera	19
1.4.2.3	Usos.....	20
1.4.2.4	Producción de remolacha azucarera en Ecuador.....	20
1.4.3	Maíz	20
1.4.3.1	Taxonomía.....	20
1.4.3.2	Composición del Maíz	21
1.4.3.3	Usos.....	22
1.4.3.4	Producción de maíz en el Ecuador	22
1.4.4	Banano	23
1.4.4.1	Taxonomía.....	23
1.4.4.2	Composición química del Banano	24
1.4.4.3	Usos.....	25
1.4.4.4	Producción de banano en Ecuador	25
1.5	Hidrolisis ácida	25

CAPITULO 2

2.	METODOLOGÍA	26
2.1	Búsqueda de Información Bibliográfica	26
2.2	Criterios de selección	26
2.2.1	<i>En lo que concierne a la obtención del etanol</i>	26
2.2.2	<i>En lo que concierne a los sustratos: banano, remolacha azucarera, maíz y caña de azúcar</i>	27
2.3	Métodos para la sistematización de la información	29

CAPITULO 3

3.	RESULTADOS DE INVESTIGACIONES Y DISCUSIÓN	30
3.1	Producción de bioetanol a partir de 3 sustratos	30
3.1.1	<i>Sustratos</i>	30
3.1.2	<i>Tiempo</i>	31
3.1.3	<i>Temperatura</i>	31
3.2	Producción de Etanol.....	33
3.2.1	<i>Producción de etanol a partir de Caña de azúcar</i>	33
3.2.2	<i>Producción de etanol a partir del maíz.....</i>	34
3.2.3	Producción de etanol a partir de remolacha azucarera	35
3.2.4	<i>Producción de etanol a partir de banano.....</i>	35
3.3	Calidad de sustrato.....	36
3.3.1	<i>Sustrato que mejor condición brinda.....</i>	37

	CONCLUSIONES.....	38
--	--------------------------	-----------

	RECOMENDACIONES.....	39
--	-----------------------------	-----------

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Propiedades Físicas	2
Tabla 2-1:	Propiedades Químicas	3
Tabla 3-1:	Microorganismo utilizados para la producción de Bioetanol	6
Tabla 4-1:	Taxonomía de Saccharomyces	8
Tabla 5-1:	Composición de Saccharomyces Cerevisiae	8
Tabla 6-1:	Características del efecto crabtree	15
Tabla 7-1:	Taxonomía de la caña de azúcar	17
Tabla 8-1:	Composición química de la caña de azúcar	17
Tabla 9-1:	Taxonomía de la remolacha azucarera.....	19
Tabla 10-1:	Composición química de la remolacha azucarera.....	19
Tabla 11-1:	Taxonomía del maíz	20
Tabla 12-1:	Composición química del Maíz	21
Tabla 13-1:	Taxonomía del banano	24
Tabla 14-1:	Composición química del banano.....	24
Tabla 1-3:	Composición de los sustratos	30
Tabla 2-3:	Tiempo de fermentación.....	31
Tabla 3-3:	Temperatura de fermentación.....	32
Tabla 4-3:	Producción de etanol a partir de caña de azúcar.....	33
Tabla 5-3:	Producción de etanol a partir de maíz	34
Tabla 6-3:	Producción de etanol a partir de Banano	36
Tabla 7-3:	Datos informativos	37

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Ruta metabólica de la glucólisis	14
Figura 2-1:	Ruta metabólica del piruvato.....	15

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la producción de etanol mediante la aplicación del efecto crabtree, con el uso de tres sustratos, remolacha azucarera (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* var. *Altissima*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y maíz (*Zea mays*), con la utilización de la levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) como microorganismo productor de metabolitos, teniendo en cuenta la influencia de la temperatura, tiempo y calidad del sustrato para el proceso de obtención de etanol. La investigación realizada se llevó a cabo mediante la recopilación y revisión bibliográfica de fuentes de información confiables proveniente de libros digitales, tesis, investigaciones, etc., como soporte básico para el desarrollo de la presente investigación; a partir de lo cual se puede establecer que la temperatura tiene un efecto directo en la cantidad de etanol producido como lo muestran los estudios que indican que la temperatura óptima promedio es de 20-35 grados centígrados, en lo que corresponde al tiempo de producción de etanol no presenta una constante ya que varía dependiendo del estudio que se realice al igual que el microorganismo, sustrato, y temperatura, mientras que los grados brix y pH se encuentran íntimamente relacionados con la calidad del sustrato en donde se reconoce que la caña de azúcar-melaza tiene 46% de azúcares totales, la remolacha azucarera tiene 13-22% de sacarosa, del maíz se tiene 67.7% de almidón y 1.22% de azúcares totales; del banano se tiene 57% de almidón y 34% de azúcares totales, por lo que se deduce que mientras más cantidad de azúcares fermentables estén presentes en el sustrato, mayor cantidad de etanol presentará, siendo la caña de azúcar el mejor sustrato para la obtención de etanol con 54.85 g/l, seguido del maíz que se obtiene 47.94 g/l y por último del banano 74 g/l.

Palabras clave: <FERMENTACIÓN>, <AZÚCARES FERMENTABLES>, <ETANOL (C₂H₅OH)>, <OBTENCIÓN DE ETANOL>, <EFECTO CRABTREE>.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate ethanol production by applying the crabtree effect, with the use of three substrates, sugar beet (*Beta vulgaris* subsp. *Vulgaris* var. *Altissima*), sugar cane (*Saccharum officinarum*) and corn (*Zea mays*), with the use of brewer's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as a metabolite-producing microorganism and taking into account the influence of temperature, time and quality of the substrate for the process of obtaining ethanol. The research was a bibliographic review of reliable information sources from digital books, theses and research papers as a basic support for the development of this research. It could be established that temperature has a direct effect on the amount of the produced ethanol as it has been shown by studies that indicated that the optimum temperature is 20-35 degrees Celsius. Regarding the time of ethanol production there is not a constant since it varies according to the different studies carried out, as well as, the microorganism, substrate, and temperature, while the brix and pH degrees are closely related to the quality of the substrate, where it is recognized that the sugarcane - molasses has 46% total sugars, sugar beet has 13-22% sucrose, corn has 67.7% starch and 1.22% total sugars; banana contains 57% starch and 34% total sugars, so it was concluded that the more fermentable sugars are present in the substrate, the greater amount of ethanol will be too. The sugar cane was the best substrate to obtain ethanol with 54.85 g/l, then corn with 47.94 g/l, and finally banana with 74 g/l.

Keywords: <FERMENTATION>, <FERMENTABLE SUGARS>, <ETHANOL (C₂H₅OH)>, <ETHANOL PRODUCTION>, <CRABTREE EFFECT>

INTRODUCCIÓN

Inicialmente el etanol fue utilizado para la producción de bebidas alcohólicas, vinagres y conservas, pero actualmente tiene aplicaciones farmacéuticas, perfumes y cosméticos, materiales explosivos, seda artificial y materiales plásticos. Sin embargo, por su alto contenido de oxígeno y combustión limpia es considerado un potencial combustible. (Párraga, 2020, p.4)

De igual manera el efecto crabtree descrito como un fenómeno cuando *S. cerevisiae* se encuentra bajo condiciones de alta concentración de oxígeno disuelto [5] y la concentración de azúcares supera 0,16g/L [6] o 9g/L [7], la levadura convierte su metabolismo oxidativo a oxidoreductor o fermentativo incrementando la producción de etanol. (Peña y Arango, 2009, p.155).

El microorganismo más utilizado para la obtención de Etanol es la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, que convierte las hexosas en Etanol en condiciones anaeróbicas, generando 2 moles del compuesto portador de energía en los seres vivos, el adenosín trifosfato (ATP), por cada mol de hexosa consumida además de 2 moles de Etanol. Este microorganismo tiene también la capacidad de convertir las hexosas en CO₂ aeróbicamente, por lo que en dependencia de las concentraciones de O₂ en el medio de cultivo y de la fuente de carbono, se puede favorecer uno de los dos procesos. Las levaduras tienen la ventaja adicional de tolerar concentraciones relativamente altas de etanol (Argote *et al.*, 2015, p.45)

Actualmente, el etanol es producido por fermentación alcohólica de los azúcares presentes en materiales renovables. Dicha fermentación está influenciada por factores como la concentración de azúcares del sustrato y el microorganismo fermentador que se emplee para dicho proceso. (Peña, y Arango, 2009, p.156). Teniendo en cuenta que la producción de etanol se la puede realizar a partir de melazas, jugos, almidones, material lignocelulósico, etc.

Por lo tanto los objetivos de la presente investigación fueron: Realizar una revisión bibliográfica acerca de la producción de etanol con la utilización de diferentes sustratos remolacha azucarera (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* var. *Altissima*) de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y maíz (*Zea mays*) mediante el efecto crabtree. Conocer y comparar la influencia de la temperatura, tiempo y la calidad del sustrato, para el proceso de obtención de etanol y dar a conocer que sustrato es el que mejor condición brinda para la obtención de etanol.

CAPITULO 1

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Etanol

El etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) es un líquido transparente e incoloro. También se conoce como alcohol etílico, alcohol de grano y EtOH, tiene la misma fórmula química independientemente de si se produce a partir de materias primas a base de almidón y azúcar, grano de maíz, o de materias primas celulósicas (como astillas de madera o residuos de cultivos), es un combustible a base de alcohol que se destila de materia vegetal como el maíz, caña, conocidos también como “biomasa”. Las gasolinas que se producen alrededor del mundo contienen un pequeño porcentaje de etanol. (Guzmán, 2019, p.3)

1.1.1 Características

El etanol es un compuesto químico que en condiciones normales de temperatura y presión es un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78.4°C . En las siguientes tablas podemos ver sus características físicas, químicas y termoquímicas. (Vázquez, 2017, p.10)

En la tabla 1-1 que se muestra a continuación se presenta las propiedades físicas del etanol

Tabla 1-1: Propiedades Físicas

Apariencia	Incoloro
-------------------	-----------------

Densidad	789 Kg/m ³
Masa molecular	46.07 g/mo
Punto de fusión	-114 °C
Punto de ebullición	78°C
Temperatura critica	241 °C
Presión critica	63 atm
Estructura	Estructura cristalina monoclinico
Viscosidad	1.074mPa s a 20°C
Índice de refracción	1.3611

Fuente: Vázquez, 2017, p.10

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

En la tabla 2-1 que se presenta a continuación se muestra las propiedades químicas del etanol

Tabla 2-1: Propiedades Químicas

Acidez	15.9 pKa
Solubilidad	Miscible

Fuente: Vázquez, 2017, p.10

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

1.1.2 *Bioetanol*

El bioetanol (alcohol etílico o alcohol carburante), cuya fórmula química es C₂H₅OH, se obtiene vía fermentativa utilizando diversas fuentes, como por ejemplo la material vegetal. Ésta contiene azúcares no libres (almidones y celulosa principalmente) que son fermentados por distintos microorganismos para la obtención de bioetanol. Algunas de las principales materias primas para la producción de bioetanol son maíz, trigo, sorgo, remolacha azucarera, caña de azúcar, melaza, madera y residuos de podas entre otros. (Rodríguez y Pérez, 2014, p.2)

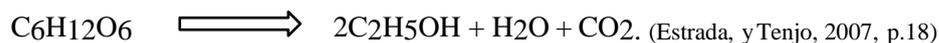
Sin embargo el uso excesivo y la demanda por estas materias primas en distintos sectores (alimenticio, ganadero, etc.), ha incentivado la búsqueda de sustratos alternos, con disponibilidad de azúcares fermentables que permitan producir el bioproducto de manera eficiente y barata. (Rodríguez y Pérez, 2014, p.2)

1.1.3 Obtención del bioetanol

El etanol es el producto metabólico que puede ser obtenido por la hidrólisis de diferentes sustratos ricos en carbohidratos como: caña de azúcar, maíz, arroz y remolacha. (Estrada y Tenjo, 2007, p.18).

Teóricamente se puede obtener a partir de 1 gramo de glucosa 0,511 g de etanol. Cuando se fermentan sustratos puros el rendimiento es del 95% y se reduce al 91% cuando se utilizan materias primas grado industrial. 100 gramos de glucosa pura producirán 48,4 gramos de etanol, 46,6 gramos de CO₂, 3,3 gramos de glicerol y 1,2 gramos de biomasa (células de levadura). Las levaduras usualmente demuestran un rendimiento de etanol de 0.42g/g bajo condiciones ideales a partir de Xilosa. (Estrada y Tenjo, 2007, p.18)

De manera general, el proceso de obtención de Bioetanol se realiza cuando los azúcares contenidos en la biomasa se transforman en etanol por acción de determinados microorganismos, en un medio con pH entre 4 y 5. El esquema de la reacción para la producción de Bioetanol es el siguiente:



Hay que señalar que la transformación no se consigue únicamente con una sola reacción, como la indicada arriba, sino que, muy por el contrario, se producen un mayor número de ellas. La realidad es que habitualmente la biomasa que se utiliza es estos procesos contiene hidratos de carbono complejos, como el almidón o celulosa, siendo necesarios conseguir otros más simples, como azúcares, que son los que fermentan para dar etanol. (Estrada, y Tenjo, 2007, p.18)

1.1.3.1 Producción de etanol en el Ecuador

En Ecuador, el etanol empleado en la gasolina se obtiene a partir del jugo de la caña de azúcar. Para el 2014 la producción de etanol en Ecuador era de 40 millones de litros al año, la meta para alcanzar el porcentaje establecido es de 400 millones de litros al año. Se esperaba que para el

2016 ya todos los vehículos que circulaban en Ecuador se surtieran con gasolina Ecopaís pero no se logró, y se esperaba entonces que se alcanzaría en el 2017, pero a la fecha la gasolina Ecopaís es comercializada solo en ocho provincias del país: Esmeraldas, Guayas, Los Ríos, Manabí, Santa Elena, Loja, Zamora y El Oro. (Balseca *et al.*, 2017, p.18)

Durante los últimos años se ha promovido a la caña de azúcar como un cultivo energético para la producción de alcohol anhidro o etanol, con el fin de reemplazar a la gasolina, o para utilizarlo en mezclas. El etanol puede producirse a partir de un gran número de plantas, con una variación, según el producto agrícola. Desde inicios del 2010 se lleva a cabo el plan piloto en el Ecuador, se vende en Guayaquil la gasolina 18 extra mezclada con etanol anhidro obtenida a partir de caña de azúcar. La mezcla se llama Ecopaís. (Rodríguez y Vera, 2017, p.32)

Para cubrir el resto del territorio es necesario aumentar la producción de bioetanol en el país y la capacidad instalada para el procesamiento de esta. En relación a la producción de materia prima, se requiere incrementar también la extensión sembradas de caña de azúcar u otros cultivos a partir de los cuales se pueda obtener bioetanol. (Balseca et al, 2017, p.19)

1.1.3.2 Usos de Bioetanol

Además de usarse con fines culinarios (bebidas alcohólicas), el etanol se utiliza ampliamente en muchos sectores industriales y el sector farmacéutico, como excipiente de algunos medicamentos y cosméticos (es el caso del alcohol antiséptico 70° GL y en la elaboración de ambientadores y perfumes). Es un buen disolvente, y puede utilizarse como anticongelante, y también es un desinfectante. Se emplea como combustible industrial y doméstico. (Arosemena *et al.*, 2015, p.3)

Estudios del Departamento de Energía de los Estados Unidos hacen referencia al uso en automóviles reduce la producción de gases de invernadero en un 85%. En países como México existe la política del ejecutivo federal de apoyar los proyectos para la producción integral de etanol y reducir la importación de gasolinas que ya alcanza el 60%. Existen varias opciones que utilizan un producto u otro como sustituto de la gasolina. Así es el caso de los coches y autobuses que emplean gas natural; los coches híbridos que funcionan usando electricidad y gasolina alternativamente y los biocombustibles, que son mezclas de bioetanol y gasolina, o bien de aceites vegetales y diesel. (Arosemena *et al.*, 2015, p.3)

El empleo de estos biocombustibles tiene como objetivo principal el reducir las emisiones de gases

de efecto invernadero que sobrecalientan la superficie terrestre y aceleran el cambio climático. Adicionalmente, se persigue una segunda meta que es la menor dependencia de las importaciones de crudo. Al consumir bioetanol se impulsa la actividad agrícola e industrial y se aumenta el grado de autosuficiencia energética. (Arosemena *et al.*, 2015, p.3)

En Brasil, el etanol producido a partir de caña de azúcar sustituye la mitad de la gasolina. En los Estados Unidos, gran productor mundial de etanol a base de maíz, el programa es más reciente y sus justificaciones son la eliminación de aditivos en la gasolina y la reducción de las emisiones de gases que provocan el calentamiento global. (Escalante y Fuentes, 2013, p.6)

En los países de Europa Occidental también se usa etanol producido del trigo y de la remolacha. En esos países el costo del etanol es de dos a cuatro veces más elevado que en Brasil y los subsidios internos y barreras aduaneras protegen las industrias locales, impidiendo la importación del etanol. (Escalante y Fuentes, 2013, p.6).

1.2 Microorganismos utilizados para la producción de bioetanol

Entre los microorganismos utilizados para la producción de etanol, por medios fermentativos, tenemos a los siguientes:

Tabla 3-1: Microorganismo utilizados para la producción de Bioetanol

Bacterias	Levaduras
Zymomonas mobilis	Saccharomyces cerevisiae
Clostridium acetobutylicum	Pichia stipitis
Klebsiella oxytoca	Pachysolen tannophilus
Escherichia coli	Candida chehate

Fuente: Inga, 2019, p.62

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

1.2.1 Levaduras

Las levaduras son hongos predominantemente unicelulares. Forman parte del reino Fungi, dentro del subreino Dikarya, que se divide en Ascomycota y Basidiomycota. Generalmente las levaduras,

ya sean ascomicetos o basidiomicetos, se caracterizan por su crecimiento asexual que se produce predominantemente por gemación o fisión, y que no forman sus estados sexuales dentro o sobre un cuerpo fructífero. Generalmente se relaciona la palabra levadura directamente con el proceso de fermentación, más concretamente con el del pan, la cerveza y el vino. Por lo que es común el considerar a las levaduras como hongos fermentativos. De hecho, muchas veces se ha tratado a las levaduras como sinónimo de *Saccharomyces*. Sin embargo, no todas las levaduras tienen capacidad fermentativa. (Piquer, 2018, p.12)

Levadura es un nombre genérico que agrupa a una variedad de hongos, incluyendo tanto especies patógenas para plantas y animales, como especies no solamente inocuas sino de gran utilidad. De hecho, las levaduras constituyen el grupo de microorganismos más íntimamente asociado al progreso y bienestar de la humanidad. Algunas especies de levaduras del género *Saccharomyces* son capaces de llevar a cabo el proceso de fermentación, propiedad que se ha explotado desde hace muchos años en la producción de pan y de bebidas alcohólicas. Desde el punto de vista científico, el estudio de las levaduras como modelo biológico ha contribuido de manera muy importante a elucidar los procesos básicos de la fisiología celular. (Gonzalez y Valenzuela, 2016, p.3)

1.2.1.1 Levaduras del género Saccharomyces cerevisiae

Saccharomyces cerevisiae, es una levadura que constituye el grupo de microorganismos más íntimamente asociado al progreso y bienestar de la humanidad; su nombre deriva del vocablo *Saccharo* (azúcar), *myces* (hongo) y *cerevisiae* (cerveza). (Machín *et al.*, 2016,p.3).

Es una levadura heterótrofa, que obtiene la energía a partir de la glucosa y tiene una elevada capacidad fermentativa (Machín *et al.*, 2016,p3). Las levaduras del género *Saccharomyces*, son sin duda las levaduras más explotadas comercialmente, contribuye a muchos de los procesos industriales. (Tamayo, 2015, p.16)

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* ha estado presente en la alimentación humana desde tiempos remotos. En un principio el hombre no tenía conciencia de la participación de este microorganismo en la elaboración de diversos alimentos como el pan o las bebidas alcohólicas. En tiempos actuales, el desarrollo de disciplinas como la microbiología, la bioquímica, la ingeniería bioquímica y varias más que convergen en el amplio concepto de biotecnología, han hecho de la producción de levadura y de sus aplicaciones en el sector alimentario procesos sólidamente

fundamentados en conocimientos científicos e ingenieriles. (Oropeza, 2007, p.1)

Saccharomyces cerevisiae *S. cerevisiae* es la especie de levadura utilizada por excelencia para la obtención de etanol a nivel industrial debido a que es un microorganismo de fácil manipulación, no es exigente en cuanto a su cultivo, no presenta alto costo, tolera altas concentraciones de etanol, en la fermentación produce bajos niveles de subproductos, es osmotolerante, capaz de utilizar altas concentraciones de azúcares, presenta alta viabilidad celular para el reciclado y características de floculación y sedimentación para su procesamiento posterior. (Oropeza, 2007, p.1)

1.2.1.2 Taxonomía

En la tabla 4-1 se muestra la taxonomía de *Saccharomyces*

Tabla 4-1: Taxonomía de *Saccharomyces*

Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Clase	Hemiascomycetes
Orden	Saccharomycetales
Familia	Saccharomycetaceae
Genero	<i>Saccharomyces</i>
Especie	<i>S. cerevisiae</i>

Fuente: Grecia, 2015, p.3

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

1.2.1.3 Composición de *Saccharomyces Cerevisiae*

En la tabla 5-1 se muestra la composición de la levadura *Saccharomyces Cerevisiae*

Tabla 5-1: Composición de *Saccharomyces Cerevisiae*

Componentes	
Polisacáridos	29.71
Trehalosa	NR
Ácidos nucleicos y nucleótidos	10.65*
Fosfolípidos	1.18
Triglicéridos	NR
Esteroles	NR
Cenizas	8.32
Proteína	40.20

Fuente: Machín *et al*, 2016, p.3

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

1.2.1.4 Requerimientos nutricionales

- Carbono: Los compuestos carbonados son utilizados a la vez como fuente de energía y como fuente de carbono por *Saccharomyces cerevisiae* ya que necesita D-azúcares como hexosas, glucosa, fructosa, manosa, etc., porque los L-azúcares pueden ser considerados nofermentables por esta levadura (Leveau y Bouix, 2000, p.20)
- Nitrógeno: Este elemento es un constituyente importante en los medios de cultivo para promover el crecimiento; ya que representa alrededor del 10% de peso seco de las levaduras, *S. cerevisiae* es capaz de utilizar el nitrógeno en forma de ión amonio. Los iones amonio pueden ser aportados en el medio por el cloruro de amonio, el nitrato de amonio, fosfato de amonio y sobretodo el sulfato de amonio que provee además una fuente de azufre asimilable ((NH₄)₂SO₄). Otra fuente de nitrógeno son los aminoácidos, los dipéptidos, tripéptidos, y la urea en asociación con biotina y las bases púricas y pirimídicas. (Leveau y Bouix, 2000, p.20)
- Fósforo: Es esencial para el crecimiento, regula la síntesis de los lípidos y los carbohidratos, y mantiene la integridad de la pared celular. El fósforo es asimilado por la célula en forma de iones ortofosfato (H₂PO₄⁻). Las fuentes de fósforo en el medio de cultivo están constituidas por el dihidrogenofosfato (KH₂PO₄) o por el hidrogenofosfato disódico (Na₂HPO₄) en una concentración 0.6 m/g de células para una fermentación (Leveau y Bouix, 2000, p.21)
- Azufre: Constituye el 0.4% del peso seco de las levaduras. La fuente de azufre más utilizada

por *Saccharomyces* es el sulfato de amonio, el sulfito y el tiosulfato; la metionina puede ser utilizada como fuente única de azufre y permite un crecimiento más rápido que los iones sulfatos. (Leveau y Bouix, 2000, p.21)

- Elementos traza: Macronutrientes. K, Mg, Ca, Zn, Fe, Mn, Cl. Se requiere en concentraciones de 0.1 a 1 mM. (Leveau y Bouix, 2000, p.21)
- Potasio: A pH ácido estimula la fermentación y la respiración, actúa como efector de numerosas enzimas: piruvato quinasa, aldolasa, aldehído deshidrogenasa y permeasa e interviene en la estructura de los ARN. Las fuentes de potasio son el cloruro potásico y los fosfatos mono y dipotásico. (Leveau y Bouix, 2000, p.21)
- Magnesio: Es utilizado como activador de las enzimas glicolíticas, estimula la síntesis de ácidos grasos, regula las ATPasas de las membranas y participa con el potasio en la penetración del fosfato. El magnesio es aportado en el medio de cultivo en forma de sulfato o de cloruro de magnesio. (Leveau y Bouix, 2000, p.21)
- Los inhibidores, los cuales pueden afectar el crecimiento de la levadura cuando se encuentran en concentraciones superiores a 100 μM: Hg, Ag, Ar, Ba, Li, Ni, Os, Pb, Se, Te. (Leveau y Bouix, 2000, p.21)
- Otros compuestos: El inositol juega un papel importante en la síntesis de los lípidos de las membranas. El pantotenato es un factor de crecimiento para *Saccharomyces* y debe presentarse en el medio en forma de pantotenato de calcio a una concentración de alrededor de 6.25 mg/l. (Leveau y Bouix, 2000, p.22)
- La vitamina B6 o piridoxina es transformada en fosfato de piridoxal y en piridoxamina, coenzimas implicadas en la desaminación y descarboxilación de los aminoácidos. (Leveau y Bouix, 2000, p.22).

1.2.15 Factores a tener en cuenta para el crecimiento y desarrollo de la levadura.

- Presión osmótica: La nutrición de la levadura es un proceso puramente osmótico, es importante evitar medios hipertónicos o hipotónicos para evitar la plasmoptisis y plasmólisis. (Machín *et al.*, 2016, p.3)
- Temperatura: Las altas temperaturas ocasionan una disminución de la biomasa, producto de un descenso en el contenido de proteínas, RNA; DNA y aminoácidos libres e induce a la rigidez de la membrana celular. Temperaturas muy bajas provocan un estado de latencia en la célula, deteniendo su desarrollo. (Machín *et al.*, 2016, p.3)
- Deseccación: Es uno de los principales agentes que inhiben las actividades y desarrollo de los

microorganismos. (Machín *et al.*, 2016, p.3)

- Luz: En general la luz es perjudicial para los microorganismos que carecen de clorofila, o cualquier otro pigmento que les permita usar la energía de las radiaciones en el proceso de fotosíntesis. (Machín *et al.*, 2016, p.3)
- PH: El pH óptimo en el cual se desarrollan mejor los microorganismos, está entre 4 y 5. Las levaduras tienen la ventaja de que soportan, medios más ácidos, que otros microorganismos, lo que es aprovechado en los procesos industriales para mantener el medio controlado de bacterias que puedan competir por el sustrato. (Machín *et al.*, 2016, p.3)

1.2.1.6 *Metabolismo de Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae convierte la glucosa a etanol a través de la ruta de la glicólisis. Esta es una vía ubicua para el catabolismo de los monosacáridos. Por cada molécula de hexosa que se convierte a piruvato, hay una producción neta de dos moléculas de ATP a partir de ADP + Pi y dos moléculas de NAD⁺ se reducen a NADH. La glicólisis se puede dividir en dos etapas: una de hexosas, en la cual el ATP es consumido, y una etapa de triosas, en la cual se obtiene una ganancia neta de ATP. (Estrada y Tenjo, 2007, p.20).

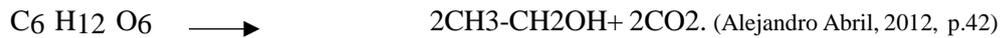
1.3 Fermentación

Es un proceso que transforma las moléculas de azúcar a diferentes productos que dependerán del sustrato y del tipo de microorganismo que se utilice, las principales sustancias que se obtienen de la fermentación son: alcohol etílico, ácido láctico, ácido butírico, ácido acético, entre otros y de acuerdo a estos se denomina el tipo de fermentación, además algunas fermentaciones como la alcohólica producen dióxido de carbono. (Aguilar y García, 2016, p.32)

La fermentación es un tratamiento catabólico de oxidación incompleta, totalmente anaeróbico, siendo el resultado final un compuesto orgánico. Fue descubierta por Pasteur, quien describió a este proceso como la vida sin el aire. La fermentación convencional es llevada a cabo por las levaduras. Las fermentaciones son de tipos: natural, cuando se cuenta con condiciones ambientales óptimas permiten la interacción de los microorganismos y los sustratos orgánicos susceptibles; o artificial, cuando es generada por el hombre propiciando condiciones y el contacto referido (Rodríguez y Vera, 2017, p.32)

1.3.1 *Fermentación alcohólica*

La fermentación alcohólica es una bioreacción que permite degradar azúcares en alcohol y dióxido de carbono, el proceso general de transformación de la glucosa en etanol (Fermentación alcohólica) mediante microorganismos u enzimas, se puede resumir en la ecuación siguiente:



En la figura 1-1 y 2-1 que se muestran se observa la ruta metabólica de la glucólisis y la ruta metabólica del piruvato respectivamente.

1.3.1.1 Efectos en el proceso de fermentación

En el desarrollo de la fermentación alcohólica se pueden observar dos efectos muy importantes que influyen y pueden afectar todo el proceso estos son el efecto Pasteur y el efecto Crabtree. (Inga, 2019, p.62)

1.3.1.1.1 Efecto Pasteur

El efecto Pasteur se refiere a la inhibición por la fermentación. Esto se debe a que *Saccharomyces cerevisiae* puede metabolizar los azúcares tanto en aerobiosis como en anaerobiosis y al permitir la respiración un mejor rendimiento celular, para un mismo rendimiento celular se consume menos azúcar en aerobiosis que anaerobiosis, dicho de otro modo, la aerobiosis con lleva a una disminución del consumo de azúcar y por ende una disminución de la fermentación. (Inga, 2019, p.62)

1.3.1.1.2 Efecto Crabtree

El efecto Crabtree o mejor conocido como “efecto glucosa” Se refiere a que, cuando la concentración de azúcar en el medio es elevada, *S. cerevisiae* sólo metaboliza los azúcares por vía fermentativa; incluso en presencia de oxígeno, la respiración es imposible. (Martinez, 2019, p.2).

Lo que sucede es que las altas concentraciones de glucosa aceleran la glicólisis, lo que se refleja en una alta producción de ATP. Esto reduce la necesidad de fosforilación oxidativa producida durante el ciclo TCA, particularmente por la cadena de transporte de electrones, lo que finalmente reduce el consumo de oxígeno. (Romero, 2011, p.8)

En la tabla 6-1 que se muestra se observa las características del efecto crabtree.

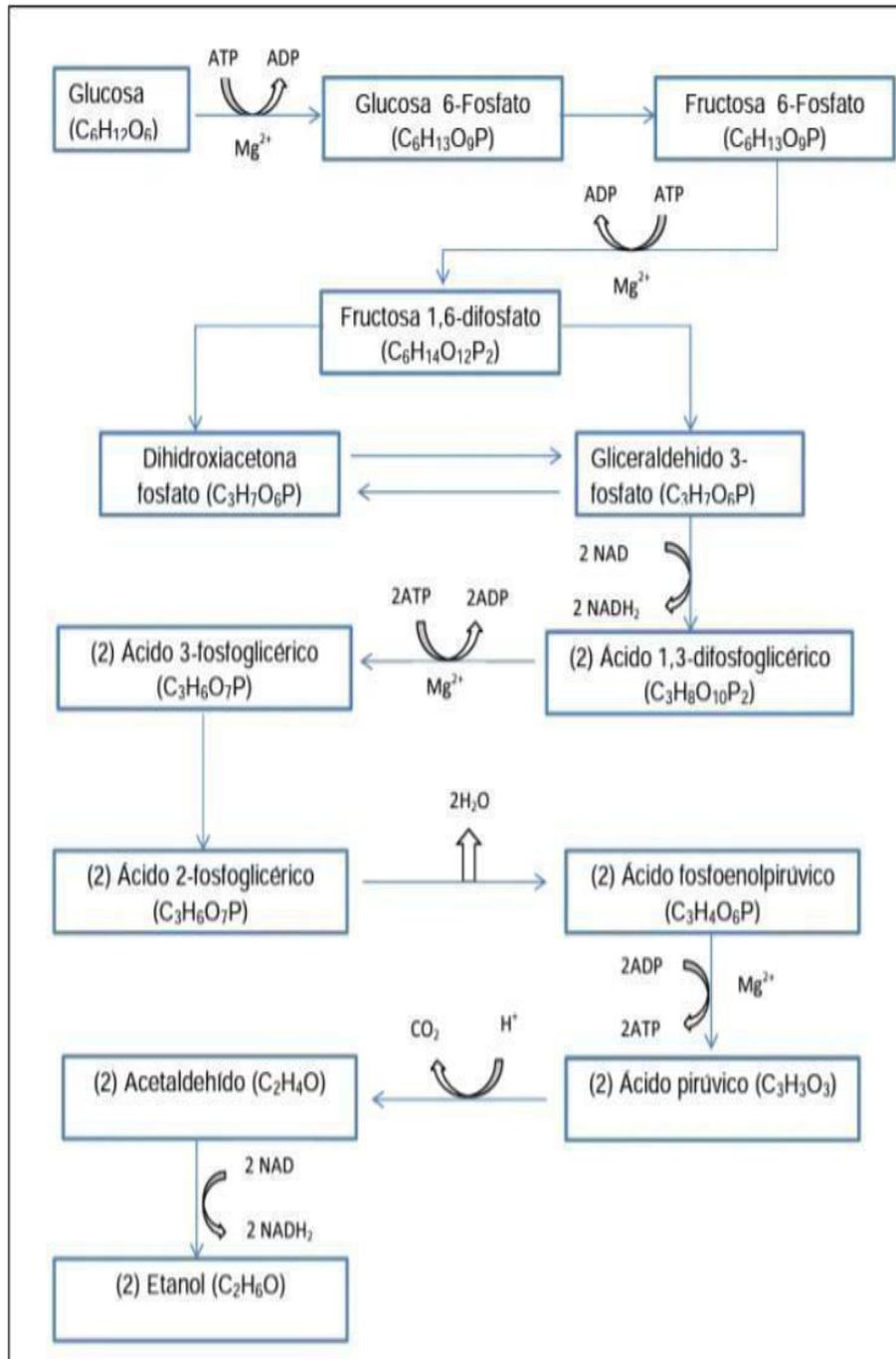


Figura 1-1: Ruta metabólica de la glucólisis

Fuente: Aguilar y García, 2016, p.33

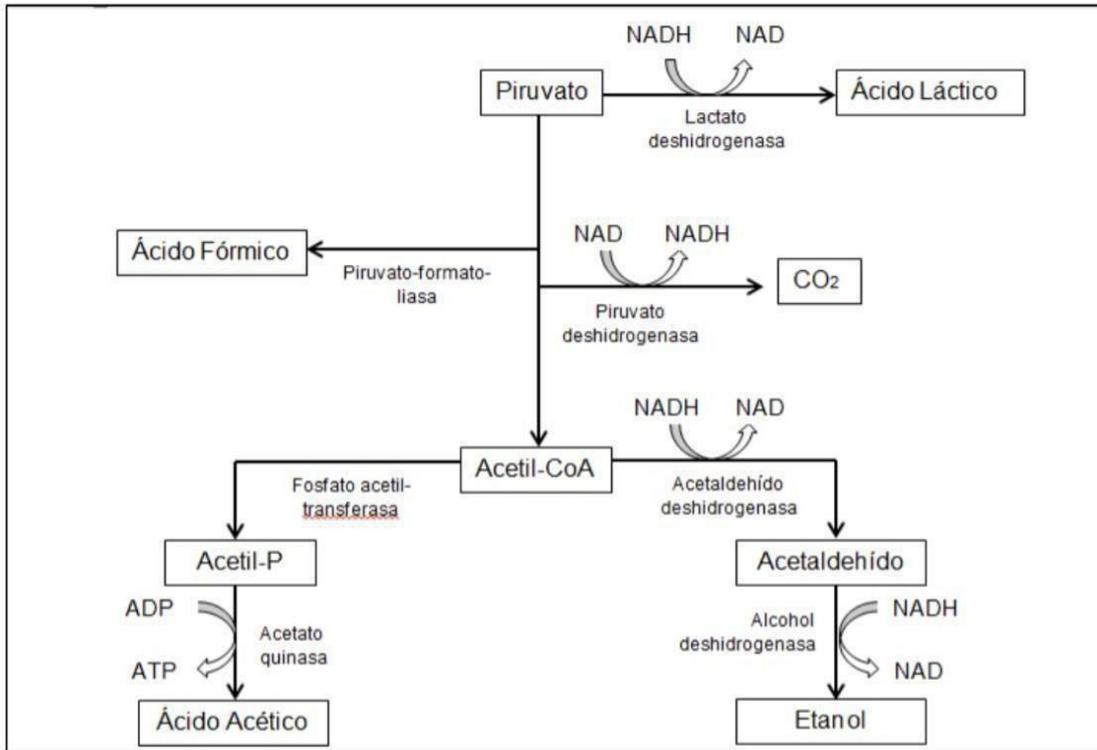


Figura 2-1: Ruta metabólica del piruvato

Fuente: Aguilar y García, 2016, p.33

Tabla 6-1: Características del efecto crabtree

	Alta concentración de azúcar	Baja concentración de azúcar
Vía catabólica	Fermentación	Respiración
Rendimiento del ATP	Bajo	Alto
Rendimiento Biomasa	Bajo	Alto
Rendimiento del producto final	Alto	Bajo

Fuente: Inga, 2019, p.63

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

1.4 Sustratos más empleados para la producción de bioetanol

El bioetanol puede ser producido a partir de materias primas que contienen azúcares fermentables tales como la caña de azúcar y la remolacha azucarera, materiales que son ricos en sacarosa. Otras materias primas incluyen algunos polisacáridos que pueden ser hidrolizados para obtener azúcares asimilables por microorganismos productores de etanol. El almidón es el principal polímero utilizado actualmente para la producción de etanol, mientras que la biomasa lignocelulosa es la materia prima más promisoriosa debido a su gran disponibilidad y bajo costo. (Moreno, 2011, p.6)

Están definidos tres tipos de materias primas para la producción de etanol las cuales son: Materiales portadores de azúcares simples: Contienen carbohidratos en forma de mono, di o tri sacáridos como fuentes de azúcares. Los azúcares fermentan directamente. (Pari, 2013, p.31)

- Almidones: Contienen carbohidratos en formas de almidón (polisacárido cuya unidad estructural más sencilla es la D - glucosa) como fuente de azúcares. Primero se deben convertir en azúcares fermentables mediante la acción de enzimas (sacarificación). (Pari, 2013,p.31)
- Celulosas: Contienen carbohidratos en formas más complejas y deben ser convertidos en azúcares fermentables por previo proceso de sacarificación. (Pari, 2013, p.31)

1.4.1 Caña de azúcar

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una gramínea originaria de la India, cuya distribución a los países del continente asiático se pierde en la historia de la época antigua. En China apareció 800 años A.C. y se utilizaba en el pago de tributos y contribuciones. (Ortiz, 2013, p.2)

Cristóbal Colón, en su segundo viaje, llevó esquejes de caña de las islas Canarias a la isla llamada actualmente República Dominicana. Este cultivo se desarrolló entre 1500 y 1600 en la mayoría de los países tropicales de América (Antillas, México, Brasil y Perú) y durante mucho tiempo ha sido su principal riqueza agrícola. (Ortiz, 2013, p.2)

1.4.1.1 Taxonomía

En la tabla 7-1, 8-1 y 9-1 se observa la taxonomía de la caña de azúcar, la composición de la caña de azúcar y la composición de la melaza de azúcar respectivamente.

14.12 Composición de la caña de azúcar

La composición de la caña de azúcar depende de un gran número de factores, incluyendo su edad, su tolerancia a enfermedades, las condiciones de cultivo y el uso o no de madurantes. (Morán y Chávez, 2016, p.7).

Tabla 7-1: Taxonomía de la caña de azúcar

Reino	Vegetal
Tipo	Fanerógamas
Subtipo	Angiospermas
Clase	Monocotiledóneas
Orden	Glumales
Familia	Poáceas
Tribu	Andropogoneas
Genero	Saccharum
Especie	Spontaneum y robustum (silvestre), edule, barberi, sinense y officinarum (domestica)

Fuente: Bustamante, 2015, p.16

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

Tabla 8-1: Composición química de la caña de azúcar

Componente	% Porcentaje
Agua	73-76
Sacarosa	8-15
Fibra	11-16
pH	3.5

Fuente: Villarroel, 2006, p.2

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

1.4.13 Usos

El principal producto de este cultivo ha sido comúnmente el azúcar. En este caso, el azúcar y el etanol se consideran coproductos. El volumen de azúcar variará según la materia prima utilizada en la fabricación de etanol. Con miel pobre se pueden obtener 112 kg de azúcar por tonelada de caña, mientras que con miel rica 92 kg, aunque esos valores dependen del nivel de sacarosa de la caña. (Ramírez, 2008, p.8)

En este sentido es importante señalar el empleo de la cachaza como fertilizante, las mieles finales y los jugos del proceso de producción de azúcar pueden emplearse para la producción de alcohol, lo que permite disponer de un combustible líquido de forma renovable y la incorporación de los derivados tradicionales (tableros aglomerados, papel y cartón, cultivos alternativos para alimento animal y mieles finales). (Campués y Tapuri, 2011, p.23)

1.4.14 Producción de caña de azúcar en el Ecuador

La producción de caña de azúcar en Ecuador es cada vez más importante, ya q se va incrementando el área de cultivo para garantizar una mayor producción de azúcar y abastecer la demanda a nivel nacional, también se presenta grandes oportunidades en la producción de caña para la producción de bio-etanol. (Morán yChávez, 2016, p.12)

El Ecuador por ser un país con diversos tipos de climas en cada una de las regiones y sub- regiones que lo conforman, ya que en cada uno de ellos se puede encontrar variedades de caña de azúcar, en el cantón Junín provincia de Manabí ,las variedades de caña de azúcar sembradas, son: Cenicaña 85-92; Cuba 1051-73; Cuba 132-8; Barbados 72-74; y Ragnar, conocida como “Guayaca”, que es la tradicional que se ha sembrado en la zona de Junín. Estas especies han sido probadas en la región oriental del país, desde 400 hasta 1.200 metros sobre el nivel del mar, con rendimientos de 100 a 120 hectáreas por semilla. (Morán yChávez, 2016, p.12)

1.4.2 Remolacha azucarera

La “remolacha azucarera” *Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris* var. *Altissima* Döll, es originaria del mediterráneo. Es una planta halófito de la familia *Amaranthaceae*, cuya importancia agronómica

se confina al órgano radical, debido a que en éste se encuentran altas concentraciones de sacarosa. Además, la fibra, hojas y corona de remolacha azucarera se pueden utilizar como forraje. (Trujillo, 2015, p.1)

1.4.2.1 Taxonomía

En la tabla 9-1 se muestra la taxonomía de la remolacha azucarera

Tabla 9-1: Taxonomía de la remolacha azucarera

Reino	Plantae
Clase	Equitopsida C.Agardh
Subclase	Magnoliidae
Super orden	Caryophyllanae.
Orden	Caryophyllales
Familia	Amaranthaceae
Género	Beta L
Especie	Beta vulgaris L.

Fuente: Trujillo, 2015, p.1

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

1.4.2.2 Composición de la remolacha azucarera

En la tabla 10-1 se presenta la composición química de la remolacha azucarera

Tabla 10-1: Composición química de la remolacha azucarera

Componente	% Porcentaje
Agua	75
Sacarosa	13-22
Fibra	5-11
pH	7

Fuente: Leyva, 2019, p.3

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

1.4.2.3 Usos

En la elaboración del azúcar se utiliza la raíz fresca o la pulpa seca de la remolacha azucarera conocida también con el nombre de coseta. Las raíces de la remolacha se desmenuzan en rebanadas triangulares y se extrae el jugo; este se procesa en igual forma en el caso de la caña de azúcar y se obtiene el azúcar blanco y melaza de remolacha. (Tipan, 2011, p.3)

Un estudio reciente llevado a cabo en el Atlantic Dairy and Forage Institute (New Brunswick, Canadá) determinó si la remolacha azucarera puede ser una buena fuente de energía para vacas lecheras en mitad de la lactación. Los investigadores (Evans y col., 2016) sustituyeron maíz y cebada por remolacha azucarera a niveles de inclusión del 0; 8,0; 16,0 y 24,0% de la materia seca (MS) de la dieta. Se utilizó harina de soja para ajustar el contenido en proteína al 16%. (Diaz, 2017, p.8)

1.4.2.4 Producción de remolacha azucarera en Ecuador

En el Ecuador no se ha desarrollado el cultivo de la remolacha azucarera forrajera por la falta de información y promoción por parte de los países productores y consumidores transformándose este proyecto en una buena alternativa de producción de forraje y piensos. (Tipan, 2011, p.15)

1.4.3 Maíz

El origen del maíz ha sido causa de discusión desde hace mucho tiempo. Numerosas investigaciones revelan que esta gramínea tiene su origen en México hace unos 7000 años, como el resultado de la mutación de una gramínea silvestre llamada Teosinte. Y seguramente antiguos mexicanos se interesaron en reproducir esta planta y por selección, produjeron algunas variedades mutantes. (Abarca, 2014, p.4)

1.4.3.1 Taxonomía

En la tabla 11-1 se muestra a continuación se muestra la taxonomía del maíz

Tabla 11-1: Taxonomía del maíz

Reino	Vegetal
División	Espermatofitas o fanerógamas
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Monocotiledoneae
Subclase	Glumiflorae
Orden	Poales
Familia	Poaceas o Gramineas
Tribu	Maydeae
Género	Zea
Especie	Zea mays L

Fuente: Buñay, 2017, p.15

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

Composición del Maíz

En la tabla 12-1 se presenta a continuación la composición química del maíz

Tabla 12-1: Composición química del Maíz

Componente	% Porcentaje
Agua	16
Almidón	67.7
Azucares totales	1.22
Fibra	2.2
pH	6 - 7

Fuente: Guardia *et al*, 2016, p.2

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

A partir del almidón contenido en el grano de maíz o en la celulosa, a través de un proceso de hidrólisis, se obtiene la glucosa necesaria para convertirla en alcohol durante el proceso de fermentación. En la primera fase, cada molécula de glucosa se transforma en dos moléculas de ácido pirúvico. A partir de aquí, gracias al uso de la levadura se obtiene el etanol. (González y Puémape, 2017, p. 15)

1.4.3.2 Usos

El maíz suave llamado también harinoso es el más importante de los maíces en la alimentación humana; sus granos blandos y grandes se pueden cocinar tiernos (choclo, choclo tanda), semi tiernos (cau: humitas), en mote con grano semi tierno (mote choclo, champús), en mote (grano seco), en mote molido, germinados y luego molidos (chicha de jora elaborada a base de siete clase de granos de maíz) secos y tostados (de sal y de dulce), secos y molidos en harina. Estrella, señala otros usos, por ejemplo el consumo como canguil, coladas, colorantes naturales y otras formas de conservación como la “chuchuca”. (Cuenca, 2013, p.4)

Además, se utiliza en la alimentación animal como forraje (consumo directo de la caña o ensilaje) para ganado ovino, bovino y equino. Los granos amarillos duros sirven para la preparación de alimentos, principalmente en la industria avícola, también en la elaboración de concentrados para la crianza de cerdos y especies menores. Cada día se descubren nuevos usos industriales para el maíz. Se ha empezado a utilizar papeles elaborados con base en maíz, plásticos biodegradables a partir de almidón de maíz, y una fuerte tendencia para la elaboración de biocombustibles (etanol). Se asegura que hay más de cuatro mil usos diferentes para los productos que se extraen del maíz. (Cuenca, 2013, p.4)

1.4.3.3 Producción de maíz en el Ecuador

Ecuador produce 1,2 millones de toneladas (t) de maíz, de las cuales 900 000 t adquiere la industria nacional para la elaboración de alimento proteínico. (Huancavilca, 2018, p.2)

Para el 2019, la proyección es que la producción aumente a 1,3 millones de t de maíz, según Adriano Ubilla, subsecretario de Comercialización del Ministerio de Agricultura. (Huancavilca, 2018, p.2)

En los últimos años, el país ha ido incrementando sus niveles de producción del cereal, pero todavía es deficitario. Entre enero y febrero de este año se importaron 200 000 t. La productividad del maíz es de 5,6 tonelada por hectárea, pero la intención es aumentar a 7 t/ha. (Huancavilca, 2018, p.2)

Ubilla señaló que para eso el MAG tiene planes para zonificar las áreas de siembra con las diferentes variedades de híbridos, mejorar los rendimientos y bajar los costos de producción. (Huancavilca, 2018, p.2)

En el país se siembran alrededor de 250 000 hectáreas de maíz y existen 60 000 maiceros en las provincias de Manabí, Los Ríos, Guayas y Loja. (Huancavilca, 2018, p.2)

1.4.4 Banano

El nombre científico *Musa × paradisiaca* (o *Musa paradisiaca*) y los nombres comunes banano, banana, plátano, cambur, topocho, maduro y guineo hacen referencia a un gran número de plantas herbáceas del género *Musa*, tanto híbridos obtenidos horticulturalmente a partir de las especies silvestres *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* como cultivares genéticamente puros de estas especies. (Araneda *et al.*, 2019, p.10)

Clasificado originalmente por Carlos Linneo como *Musa paradisiaca* en 1753, la especie tipo del género *Musa*, estudios posteriores han llevado a la conclusión de que la compleja taxonomía del género incluye numerosos híbridos, de variada composición genética, y se ha desarrollado un sistema estrictamente sui generis de clasificación para dar cuenta de esta variación. Sin embargo, de acuerdo con las reglas del Código Internacional de Nomenclatura Botánica, el nombre linneano cuenta con prioridad, y sigue siendo usado tanto en su forma original como en la modificada (*Musa paradisiaca*), que indica que se trata de un híbrido para designar genéricamente a estas variedades. (Araneda *et al.*, 2019, p.10)

1.4.4.1 Taxonomía

En la tabla 13-1 se presenta la taxonomía del banano

Tabla 13-1: Taxonomía del banano

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Zingiberales
Familia	Musaceae
Género	Musa
Especie	M. paradisiaca

Fuente: Araneda *et al.*, 2019, p.11

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

1.4.4.2 Composición química del Banano

En la tabla 14-1 se muestra la composición química del banano

Tabla 14-1: Composición química del banano

Componente	% Porcentaje
Agua	74
Azucares totales	34
Fibra	3.44
pH	57
Almidón	4.5

Fuente: Rodríguez *et al.*, 2013, p.102

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

1.4.4.3 Usos

El plátano o guineo se recomienda comerlo crudo, asado o salcochado, mucho mejor que frito. Se puede acompañar con leche o yogurt y constituye un alimento completo. Con el plátano se elabora una harina alimenticia, muy nutritiva y rica en proteínas y o mejor de todo barata. La cáscara del plátano también se puede comer cocida y luego frita con huevo. Previene el estreñimiento y las hemorroides, excelente para la curación y prevención de las úlceras, reconocido por sus cualidades para hacer descender los niveles peligrosos de colesterol. (Rodríguez *et al.*, 2013, p.102)

1.4.4.4 Producción de banano en Ecuador

Desde este 2020, Ecuador compite en igualdad de condiciones con Colombia, Perú y Costa Rica, en la exportación de banano hacia la Unión Europea (UE). Con el Acuerdo Comercial con ese bloque, que está en vigencia desde 2017, el arancel ha ido disminuyendo con los años. Así, en 2017 fue de 97 euros por tonelada métrica; en 2018, 90; en 2019, 83; y, en este año, 75 euros. (Ekos, 2020, p.2)

1.5 Hidrolisis ácida

La hidrólisis ácida es un proceso en el que un ácido prótico se utiliza para catalizar la escisión de un enlace químico a través de una reacción de sustitución nucleófila, con la adición de agua. Un ejemplo de este tipo de reacción es la conversión de celulosa o de almidón en glucosa. Para el caso de los ésteres y amidas, se puede definir reacción de sustitución nucleofílica de acilo. La hidrólisis ácida de los lignocelulósicos ha sido la tecnología más usada para la obtención de azúcares reductores (fermentables), que posteriormente son convertidos a bioetanol. El grado de degradación del bagazo depende de la concentración del ácido y el tiempo de hidrólisis. A medida que actúa el ácido, el peso molecular y la viscosidad de los productos decrecen y el poder reductor aumenta (Zeta, 2018, p.56)

CAPITULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Búsqueda de Información Bibliográfica

La metodología que se va a emplear para la realización del trabajo de investigación es una recopilación y revisión bibliográfica examinando de manera exhaustiva diferentes criterios y fuentes de información confiable y reconocida como: libros digitales, revistas de alto impacto, tesis, etc. Enfocadas en temas en específico que nos servirán como soporte básico para el desarrollo de trabajo de investigación anteriormente descrito

2.2 Criterios de selección

Para los criterios de selección se tomó en cuenta lo siguiente:

- Artículos en inglés y español provenientes de google académico en donde se encontraran artículos científicos, tesis e investigaciones
- Que las investigaciones en lo posible sean de 5 años atrás.

En el presente trabajo de investigación se utilizara una revisión bibliográfica para poder realizar una comparación de datos obtenidos de las diferentes investigaciones realizadas.

2.2.1 *En lo que concierne a la obtención del etanol:*

(Aguilar y García, 2016, p.32): EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y SUS DIFERENTES MEZCLAS, GENERADOS EN

LA EMPRESA DE ALIMENTOS SAS S.A.S.”

(Araneda *et al.*, 2019, p.10): OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DEL BANANO ORGÁNICO (*Musa xparadisiaca*) NO EXPORTABLE.

(Argote, *et al.*, 2015, p.45) EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE MELAZA CON CEPAS NATIVAS *Saccharomyces cerevisiae*.

(Arosemena, R. *et al.*, 2015, p.3) OBTENCIÓN DE ETANOL A BASE DE LA SAVIA DE LA PALMA DE COROZO *ATTALEA BUTYRACEA*.

(Escalante y Fuentes, 2013, pp.6-7): ESTUDIO EXPERIMENTAL DE OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS DE BANANO ORGÁNICO EN PIURA

(Zeta, 2018, pp.56-59): EFECTO DE LA CINÉTICA DE HIDRÓLISIS ÁCIDA DE ALMIDÓN DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN EL RENDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE ETANOL

(Vázquez, 2017, pp.10-11): ESTUDIO DE LA OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE DIFERENTES TIPOS DE BIOMASA LIGNOCELULÓSICA. MATRIZ DE REACCIONES Y OPTIMIZACIÓN.

(Peña y Arango, 2009, pp. 155- 159): EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL UTILIZANDO CEPAS RECOMBINANTES DE *Saccharomyces cerevisiae* A PARTIR DE MELAZA DE CAÑA DE AZÚCAR.

(González y Puémape, 2017, p. 15): “ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE CÁSCARA DE PLÁTANO EN PIURA, PERÚ.

(Campués Y Tarupí, 2011, p.23): OBTENCIÓN DE ALCOHOL A PARTIR DE JUGO DE CAÑA, CACHAZA Y MELAZA, MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE DOS NIVELES DE FERMENTO (*Saccharomyces cerevisiae*)

(Mora, 2012, pp.8-90). Obtención de bioetanol a partir de desecho agroindustrial de pulpa de Banano (*Musa cavendish*) vía fermentación utilizando *Saccharomyces*.

2.2.2 En lo que concierne a los sustratos: banano, remolacha azucarera, maíz y caña de azúcar.

□ *Caña de azúcar*

(Villarroel, 2006, p.2): APLICACIÓN DE TECNICAS PARA LA CLARIFICACION DEL JUGO DE CAÑA (Saccharum officinarum) COMO MEJORADOR DE SUS CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS.

(Sagarpa y Conadesuca, 2015, p.2): FICHA TÉCNICA DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR.

(Ortiz, 2013, p.2): EVALUACIÓN DE TRES FRECUENCIAS DE RIEGO CON POLIETILENO, EN SUELO ARCILLOSO, SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE CAÑA DE AZÚCAR; CUYOTENANGO, SUCHITEPÉQUEZ

(Morán Y Chávez, 2016, pp. 7-15): CARACTERIZACIÓN FÍSICO- QUÍMICA DEL JUGO DE CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum) EN LA HACIENDA EL JARDÍN.

(Bustamante, 2015, p.16). LA CAÑA DE AZUCAR (Saccharum officinarum) PARA LA PRODUCCIÓN DE PANELA. CASO: NORDESTE DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

□ *Remolacha azucarera*

(Trujillo, 2015, pp.1-3). Efecto de la fertilización nitrogenada en la aclimatación de tres cultivares de “remolacha azucarera” Beta vulgaris L, cv. SVPE 14-01,14- 02,14-03 (Amaranthaceae), sembrados en trasplante tardío a más de 4,000 msnm, sierra del distrito Sarín, provincia S.

(Tipan, 2011, p.15). Estudio de la factibilidad para la producción y comercialización de remolacha forrajera (Beta vulgaris var.altissima) en el cantón Quito de la provincia de Pichincha.

□ *Plátano*

(Rodríguez, *et al.*, 2013, p.102) EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA PRÁCTICA “EMBOLSADO” EN PLÁTANO (Musa AAB SIMMONDS).

(Pari, 2013, p.31): CINÉTICA DE CONVERSIÓN DE LOS CARBOHIDRATOS PRESENTES EN LA CÁSCARA DE PLÁTANO (Musa Cavendishi) PARA LA OBTENCIÓN DE ETANOL.

□ *Maíz*

(Huancavilca, 2018, p.2): LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN EL 2019-Radio HUANCAVILCA

(Guardia, *et al.*, 2016, p.2) Composición química del grano de maíz (Zea mays) Chococito del municipio de Quibdó, Chocó, Colombia.

(Buñay, 2017, p.15). ETAPAS FENOLÓGICAS DEL MAIZ (*Zea mays* L.) VAR. TUSILLA BAJO LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL CANTÓN CUMANDÁ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”.

2.3 Métodos para la sistematización de la información

Para la realización del presente trabajo de investigación en lo que respecta a la metodología para la sistematización de la información se trabaja mediante tablas y figuras

CAPITULO 3

3. RESULTADOS DE INVESTIGACIONES Y DISCUSIÓN

3.1 Producción de bioetanol a partir de 3 sustratos.

3.1.1 *Sustratos*

La calidad de sustrato tiene que ver principalmente con la cantidad de azúcares fermentables que tenga el sustrato ya sean melazas, material lignocelulósico, almidones, etc.

Mediante la investigación realizada se conoce la cantidad de azúcares fermentables contenidos en las materias primas utilizadas para la fermentación se reporta que de la caña de azúcar se tiene del 8-15% de sacarosa, un 11-16% de fibra, lamelaza tiene 46% de azúcares totales, la remolacha azucarera tiene de sacarosa del 13-22%, del maíz tenemos 67.7% de almidón y 1.22 de azúcares totales necesarios para la fermentación, y finalmente del banano tenemos 57% de almidón 34% de azúcares totales.

En la tabla 15-3 se observa los sustratos empleados con sus respectivos componentes

Tabla 15-3: Composición de los sustratos

Componentes	Caña de azúcar	Remolacha azucarera	Maíz	Banano
Agua	73-76%	75%	16%	74%
Sacarosa o azúcares totales	8-15%	13-22%	1.22%	34%

Fibra	11-16%	5-11%	2.2%	3.4%
pH	3.5	7	6-7	4.5
Almidón	-----	-----	67.7%	57%

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2021

3.1.2 *Tiempo*

A continuación, en la tabla 16-3 se muestra el tiempo promedio de fermentación con los tres sustratos

Tabla 16-3: Tiempo de fermentación

Sustrato	Tiempo promedio	Autores
Caña de azúcar	26 horas	(Argote et al., 2015, p.45), (Moreno,2011, p.46), (Machín et al, 2016, p.24), (Párraga, 2020, p.4), (Azabache, y otros, 2012,p.6)
Maíz	32 horas	(Yanque:, 2018, p.61), (Zeta, 2018, p.56-59)
Banano	48 horas	(Mora, 2012, p.8), (Sibri, 2018, p.120), (Guevara, Bravo, y otros, 2015)
Remolacha azucarera	--	--

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

En la tabla 16-3 se muestran los datos sobre el tiempo promedio de la fermentación en los diferentes sustratos, en donde se observa una diferencia significativa entre la caña de azúcar que tuvo un tiempo de fermentación promedio de 26 h comparado con el maíz que tuvo 32 h y de banano 48 h que se puede atribuir a las condiciones a las que es expuesto el microorganismo *Saccharomyces cerevisiae* como la temperatura, calidad de sustrato, tipo de investigación, etc.

3.1.3 *Temperatura*

La investigación realizada por (Argote *et al.*, 2015, p.45) en los resultados mostrados respectivamente al parámetro temperatura se observa el comportamiento de la temperatura en el proceso de fermentación de la melazas con las levaduras, en donde se aprecia que la temperatura se mantuvo

en valores cercanos a 30°C, respectivamente comparado con la investigación presentada por (Casanova, 2016, p.9) en donde se alude que en el caso de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* la tasa de producción de etanol incrementa constantemente hasta los 30° C y suavemente hasta los 36°C pero decrece a temperaturas por encima de las 37°C.

A continuación en la tabla 17-3 se muestra la temperatura de fermentación respectivamente comparado con las investigaciones realizadas de (Sibri, 2018, p.120), (Yanque, 2018, p.61) y (Azabache, y otros, 2012, p.6) en donde utilizan temperaturas que están dentro de los rangos ya mencionados que van desde los 20°C hasta los 36°C.

Tabla 17-3: Temperatura de fermentación

Sustrato	Temperatura Promedio	Autores
Caña de azúcar	24-35 °C	(Argote et al., 2015, p.45), (Moreno, 2011, p.46), (Machín et al, 2016, p.24), (Miguel Alejandro Tuárez Párraga, 2020, p.4), (Azabache, y otros, 2012,p.6)
Maíz	26-30°C	(Yanque:, 2018, p.61), (Zeta, 2018, p.56-59)
Banano	30°C	(Mora, 2012, p.8), (Sibri, 2018, p.120), (Guevara Bravo, y otros, 2015)
Remolacha azucarera	--	--

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

Se conoce que algunas cepas pueden crecer a temperaturas superiores a 37°C y comúnmente son referidas comotermófilas. El rango de temperatura ideal para la fermentación es entre 20°C y 38°C. (Otero *et al.*, 2010, p.32) muestra el comportamiento de la fermentación alcohólica con jugos mezclados y melazas a 35°C en comparación con fermentadores no refrigerados en donde evidencia las ventajasde refrigerar los fermentadores para alcanzar mayores concentraciones alcohólicas en los mediosfermentados. Mientras que el promedio de los fermentadores no refrigerados no rebasó 5% en volumen, los que contaron con control de temperatura en el rango óptimo alcanzaron valores por encima de 6% como promedio.

Como se puede apreciar en los resultados obtenidos la temperatura es un factor de suma

importancia en el proceso de fermentación ya que es la clave para que ocurran cambios bioquímicos en donde la temperatura durante dicho proceso se mantiene en rangos de 20°C hasta 35°C conociendo que su control es un factor muy importante para la producción de etanol ya que si la temperatura se mantiene constante a 35°C mediante equipos de enfriamiento existe un mayor volumen de etanol a comparación de los que no poseen estos equipos dando así alternativas de sistematización en la producción de etanol. Conociendo de esta manera que sea cual sea el sustrato la temperatura óptima para la que la levadura *Saccharomyces cerevisiae* se desarrolle va desde los 20°C a 35°C, teniendo en cuenta que las levaduras *Saccharomyces cerevisiae* son microorganismos mesófilos es decir que la temperatura de crecimiento está entre los 20 y 45°C, por tal motivo en la investigación realizada por (Párraga, 2020, p.4) en donde las condiciones óptimas de operación generando mayor producción de etanol con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* son a temperaturas de 30°C.

3.2 Producción de Etanol

3.2.1 Producción de etanol a partir de Caña de azúcar

En las investigaciones presentadas en lo referente a la evaluación de la producción de etanol a partir de caña de azúcar por (Argote, y otros, 2015, p.45) se muestra los resultados de la producción de etanol mediante la técnica HPLC al finalizar el proceso de fermentación en la cual la producción promedio de etanol es de 44.87 g/l a partir de melaza respectivamente comparado con (Moreno, 2011, p.20) que en su investigación se obtuvo 54.85 g/l de etanol y (Machín *et al.*, 2016, p.22) donde obtienen 50.5 g/l de etanol respectivamente, al igual que en las investigaciones realizadas por (Párraga, 2020, p.4) en donde se obtienen 58.9g/l de etanol y (Azabache, y otros, 2012, p.6) que en su investigación se obtuvo 56.9 g/l de etanol.

Como se puede apreciar en la tabla 18-3 las diferencias que existen en la producción de etanol se pueden atribuir a la calidad del sustrato que se utilizó en las investigaciones ya que cuando existe mayor concentración de azúcar se mejora la producción de etanol motivo por el cual la eficiencia de la reacción química se encuentra en función de las condiciones adecuadas a las que se someta el microorganismo

Tabla 18-3: Producción de etanol a partir de caña de azúcar

Autores	Etanol	Tiempo	Temperatura °C
(Argote et al., 2015, p.45)	44.87 g/l	30horas	24°C - 32° C
(Moreno, 2011, p.46)	54.85 g/l	24horas	28°C - 35°C
(Machín et al, 2016, p.24)	50.5 g/l	24horas	28°C - 30°C
(Miguel Alejandro Tuárez Párraga, 2020, p.4)	58.9 g/l	24horas	30°C - 32°C
(Azabache, y otros, 2012, p.6)	56.8 g/l	22horas	29°C - 30°C

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

3.2.2 *Producción de etanol a partir del maíz*

En la investigación “Efecto de la cinética de hidrolisis acida de almidón de maíz en el rendimiento para la obtención de etanol” realizado por (Zeta, 2018, p.56) muestra que se obtiene 47.946 g/l de etanol respectivamente comparado con la investigación de (Yanque, 2018, p.61) en donde se obtiene 40.6 g/l de etanol a partir del tallo del maíz. A continuación, en la tabla 19-3 se muestra la producción de etanol a partir del maíz.

Tabla 19-3: Producción de etanol a partir de maíz

Autores	Etanol	Tiempo	Temperatura °C
(Zeta, 2018, p.56-59)	47.94 g/l	32horas	26°C-30°C
(Yanque:, 2018, p.61)	40.6 g/l	48horas	30°C

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

Como se puede apreciar en la tabla anterior la cantidad de etanol producido a partir de maíz se pueden atribuir a la presencia de azúcares fermentables obtenidos mediante el método de hidrólisis ácida utilizada en la investigación ya que este proceso es necesario para la transformación de la amilasa y la amilopeptina presentes en el almidón en azúcares apropiados para la fermentación, teniendo en cuenta que la cantidad de etanol producido varía dependiendo del método de hidrólisis que se utilice y la materia prima utilizada.

3.2.3 *Producción de etanol a partir de remolacha azucarera*

La información obtenida acerca de la utilización de la remolacha azucarera como sustrato es muy escasa por varios factores uno de ellos es la similitud que existe entre la remolacha azucarera y la caña de azúcar, son muy parecidas químicamente en su composición como se evidencia en la investigación realizada por (Moreno, 2011, p.40) en donde los valores de °Bx son de 79.5 al igual que los azúcares totales que son de 46 y 47% respectivamente, otro de los factores es la disponibilidad de la materia prima ya que la remolacha azucarera se da dos veces al año y en su totalidad es explotada por la industria azucarera y por la industria ganadera como lo afirma (Diaz, 2017, p.8) en su publicación realizada en donde menciona que un estudio reciente llevado a cabo en el Atlantic Dairy and Forage Institute (New Brunswick, Canadá) determinó si la remolacha azucarera puede ser una buena fuente de energía para vacas lecheras en mitad de la lactación.

Los investigadores sustituyeron maíz y cebada por remolacha azucarera a niveles de inclusión del 0; 8,0; 16,0 y 24,0% de la materia seca (MS) de la dieta. Se utilizó harina de soja para ajustar el contenido en proteína al 16%. (Diaz, 2017, p.8)

El nivel de azúcar en la ración incremento con la inclusión de remolacha de un 4.61% en la dieta sin remolacha a un 19.12% en la dieta con mayor nivel de inclusión de esta. Los resultados, publicados en profesional Animal Scientist, mostraron que la remolacha azucarera puede incluirse en las dietas de lactación sin afectar a los rendimientos productivos. (Diaz, 2017, p.8)

3.2.4 *Producción de etanol a partir de banano*

En la investigación “Obtención de bioetanol a partir de desecho agroindustrial de pulpa de Banano (*Musa cavendish*) vía fermentación utilizando *Saccharomyces* realizada por (Mora, 2012, p.8) se

reporta que se obtiene 74 g/l de etanol respectivamente comparado con (Sibri, 2018, p.120) y(Guevara-Bravo, y otros, 2015) que en sus investigaciones se obtuvo 40 g/l y 52 g/l de etanol respectivamente, A continuación en la tabla 20-3 se muestra la producción de etanol a partir del banano.

Tabla 20-3: Producción de etanol a partir de Banano

Autores	Etanol	Tiempo	Temperatura
(Mora, 2012, p.8)	74 g/l	48horas	30°C
(Sibri, 2018, p.120)	40 g/l	72horas	25-34°C
(Guevara-Bravo, y otros, 2015)	52g/l	72horas	33°C

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

El resultado obtenido en la investigación presentada como se menciona anteriormente se debe al método de hidrolisis aplicada, en este caso se realizó una hidrolisis enzimática en donde se utilizó la *α-amilasa*, *Glucoamilasa*, *pectinasa*, y *celulasa* para los tratamientos de licuefacción y sacarificación en donde (Mora, 2012, p.8) reporta que con la aplicación de métodos de hidrolisis enzimática el contenido de azúcares totales, °Bx y sólidos solubles tuvieron un aumento significativo además de que el banano tiene un elevado contenido de azúcares fermentables (104 g/l) dependiendo del grado de madurez en el que se encuentre y su pH naturalmente ácido de (4.5 -5) perfilándose de esta manera como un sustrato apto para la fermentación.

3.3 Calidad de sustrato

De acuerdo a los resultados obtenidos en lo que respecta a calidad de sustrato, se observa que cuando el sustrato es de caña de azúcar y en su mayoría en forma de melaza se realiza una hidrolisis con adición de agua ajustando de esta manera el pH teniendo 4.5 el óptimo para que el microorganismo se desarrolle sin problemas cuando se utiliza el maíz como materia prima para el proceso de la fermentación se debe realizar un pre-tratamiento llamado hidrolisis acida el cual nos permite obtener del almidón los azúcares necesarios para dicho proceso y también para

realizar un ajuste en el pH ya que el del maíz oscila de 6-7 al igual que el banano en donde se realiza de igual manera un pre- tratamiento llamado hidrolisis enzimática en donde se utiliza enzimas como la α -amilasa, Glucoamilasa, pectinasa, y celulasa necesarias para la obtención de igual manera de azúcares fermentables con este sustrato no se realiza un ajuste de pH ya que el mismo es de 4.5.

3.3.1 Sustrato que mejor condición brinda

En lo que respecta a la elección del mejor sustrato se debe tomar en cuenta la cantidad de azúcares fermentables, almidón o material lignocelulósico, este contenido varía dependiendo de la materia prima que se utilizara, como se puede observar en la tabla 21-3 la cantidad producida de etanol está directamente relacionada con la presencia de azúcares, la temperatura, tiempo y pH, teniendo de esta manera como mejor sustrato el de caña de azúcar con la adición de melaza a comparación del maíz y del banano.

Tabla 21-3: Datos informativos

Autores	Sustrato	Etanol	Tiempo	T°	pH	% A F	Almidón
(Argote et al., 2015, p.45), (Moreno, 2011, p.46), (Machín et al, 2016, p.24), (Miguel Alejandro Tuárez Párraga, 2020, p.4), (Azabache, y otros, 2012, p.6)	Caña de azúcar	54.85 g/l	26 horas	24-25°C	3.5	46	00.0
(Zeta, 2018, p.56-59), (Yanque:, 2018, p.61)	Maíz	47.94 g/l	32 horas	26-30°C	6.5	1.22	67.7
(Mora, 2012, p.8), (Sibri, 2018, p.120), (Guevara-Bravo, y otros, 2015)	Banano	74.00 g/l	48 horas	30°C	4.5	34	57.0

Realizado por: Novillo, Stefanny, 2020

CONCLUSIONES

- Realizada la presente investigación bibliográfica se determina las cantidades de etanol producido mediante el efecto Crabtree a partir de los sustratos propuestos son de caña de azúcar en forma de melaza de 54.85 g/l, de maíz se obtuvo 47.64 g/l mediante un pretratamiento de hidrólisis ácida en donde se busca la obtención de azúcares fermentables y de remolacha azucarera al ser escasa la información se buscó más información de la producción de etanol con la utilización de otros sustratos en donde se encontró que a partir del banano se obtiene 74 g/l.
- La influencia de los parámetros: temperatura, tiempo y calidad de sustrato están directamente relacionados con la producción de etanol en donde la temperatura se debe mantenerse a rangos de 20°C a 35°C para que los microorganismos se desarrollen sin problemas, la calidad de sustrato debe tener los azúcares fermentables necesarios para que las levaduras realicen la glucólisis y por consiguiente la producción de etanol, así mismo el tiempo es un parámetro que varía dependiendo de temperatura, microorganismo utilizado, pH.
- El sustrato que mejores resultados presentó en la producción de etanol fue la caña de azúcar en donde se utilizó la melaza como medio de cultivo por su alto contenido en azúcares lo que favorece la fermentación y por consiguiente la obtención de etanol, del banano como muestra se obtiene mayor cantidad de etanol en el doble de tiempo que la caña de azúcar de tal manera que si se hiciera una segunda fermentación en el tiempo que tardó el banano en producir 74 g/l produciríamos a partir de la caña de azúcar un aproximado de 100 g/l de etanol a una temperatura que oscila entre 20-35°C y un pH de 4.5.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio de obtención de etanol a partir de remolacha azucarera utilizando melazas, jugos o pulpas de la misma mediante el efecto crabtree.
- Se sugiere realizar estudios con diferentes materias primas como almidón de oca, papa y mashua con el propósito de optimizar los métodos de hidrólisis ácida buscando mejores rendimientos y mejor aprovechamiento de materia prima, puesto que, en nuestro país y región sierra hay disponibilidad de las materias primas antes mencionadas.

GLOSARIO

Bioetanol: El bioetanol (alcohol etílico o alcohol carburante), cuya fórmula química es C_2H_5OH , se obtiene vía fermentativa utilizando diversas fuentes. (Rodríguez y Pérez, 2014, p.2)

Efecto crabtree: El efecto Crabtree o mejor conocido como “efecto glucosa” Se refiere a que, cuando la concentración de azúcar en el medio es elevada, *S. cerevisiae* sólo metaboliza los azúcares por vía fermentativa; incluso en presencia de oxígeno, la respiración es imposible. (Martinez, 2019, p.2)

Etanol: El etanol (CH_3CH_2OH) es un líquido transparente e incoloro. También se conoce como alcohol etílico, alcohol de grano. (Guzmán, 2019, p.3)

Fermentación: La fermentación es un tratamiento catabólico de oxidación incompleta, totalmente anaeróbico, siendo el resultado final un compuesto orgánico. (Rodríguez y Vera, 2017,p.32)

Hidrolisis ácida: La hidrólisis ácida es un proceso en el que un ácido prótico se utiliza para catalizar la escisión de un enlace químico a través de una reacción de sustitución nucleófila, con la adición de agua. (Zeta, 2018, p.56)

BIBLIOGRAFÍA

ABARCA, Edison. “CARACTERIZACIÓN AGRO-MORFOLOGICA DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) DE LA LOCALIDAD SAN JOSÉ DE CHAZO.”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba, Ecuador. 2014, p.4. [Consulta: 14 de 08 de 2020]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3455/1/13T0793%20.pdf>.

AGUILAR, Judith y GARCÍA, Diego. “EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y SUS DIFERENTES MEZCLAS, GENERADOS EN LA EMPRESADE ALIMENTOS SAS S.A.S.”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) universidad de América, Facultad de ingenierías. Bogotá. 2016, págs. 32-33. [Consulta: 15 de 08 de 2020]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/546/1/6102511-2016-2- IQ.pdf>.

ABRIL, Alejandro & NAVARRO, Enrique A. Etanol a partir de biomasa lignocelulósica. [En línea] s.l.: © Aleta Ediciones (2012). 2012, p.42. [Consulta: 15 de 08 de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/241216642_Etanol_a_partir_de_biomasa_lignocelulosica.

ARANEDA, et al. OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DEL BANANO ORGÁNICO (*Musa xparadisiaca*) NO EXPORTABLE. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería. Piura, Perú. 2019, pp.10-13. . [Consulta: 30 de 09 de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1954/IND-ARA-AGU-19.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ARGOTE, et al. EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE MELAZA CON CEPAS NATIVAS *Saccharomyces cerevisiae*. [En línea] [Investigación] Cali, Colombia. 2015, p.45. [Consulta: 30 de 08 de 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v13n2/v13n2a05.pdf>

AROSEMENA, R. et al. OBTENCIÓN DE ETANOL A BASE DE LA SAVIA DE LA PALMA DE COROZO ATTALEA BUTYRACEA. [En línea] [Trabajo de investigación] 2015, p.3. [Consulta: 3 de 10 de 2020]. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/451/html>.

AZABACHE, Mario y otros. [En línea] 2012, p.6. [Citado el: 13 de 11 de 2020.] file:///C:/Users/SANDRA/Downloads/PRODUCCION_DE_BIOETANOL_A_NIVEL_BANCO_USANDO_INSUM.pdf.

BALSECA, et al. POTENCIALIDAD DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE LA PAPA. [En línea] [Investigación] Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador. 2017, pp. 18- 20. [Consulta: 27 de 08 de 2020]. Disponible en:

<https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/730#:~:text=Se%20obtuvo%20a%20partir%20de,provincia%20Ca%C3%B1ar%20al%20proyecto%20Ecopa%C3%ADs.>

BUÑAY, Alexander. ETAPAS FENOLÓGICAS DEL MAIZ (*Zea mays* L.) VAR. TUSILLA BAJO LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL CANTÓN CUMANDÁ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO". [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cumanda. 2017, p.15. [Consulta: 14 de 08 de 2020]. Disponible en:

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25123/1/tesis%20029%20Ingenier%c3%ada%20Agropecuaria%20-%20Guzman%20Dennys%20-%20cd%20029.pdf>.

BUSTAMANTE, Josué. LA CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum*) PARA LA PRODUCCIÓN DE PANELA. CASO: NORDESTE DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Ingeniería) Universidad Nacional Abierta y a distancia. Unad. 2015, p.16. [Consulta: 14 de 08 de 2020]. Disponible en:

[http://www.panellamonitor.org/media/docrepo/document/files/la-cana-de-azucar-\(saccharum-officinarum\)-para-la-produccion-de-panela.-caso- nordeste-del- departamento-de-antioquia.pdf](http://www.panellamonitor.org/media/docrepo/document/files/la-cana-de-azucar-(saccharum-officinarum)-para-la-produccion-de-panela.-caso- nordeste-del- departamento-de-antioquia.pdf).

CAMPUÉS, Jenny & TARUPÍ Juan. OBTENCIÓN DE ALCOHOL A PARTIR DE JUGO DE CAÑA, CACHAZA Y MELAZA, MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE DOS NIVELES DE FERMENTO (*Saccharomyces cerevisiae*)". [En línea] (Trabajo de Titulación) (Ingeniería) Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Ibarra, Ecuador. 2011, p.23 [Consulta: 30 de 09 de 2020]. Disponible en:

<http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/746/1/03%20AGI%20284%20TE%20SIS.pdf>.

CASANOVA, Lady. Efecto de la temperatura en la producción de etanol *Saccharomyces cerevisiae* inmovilizada en alginato de sodio. [En línea](Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela académico profesional de microbiología y parasitología. Trujillo, Perú. 2016, p. 9. [Consulta: 25 de 08 de 2020]. Disponible en:

<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10791/Velezmoro%20Casanova%20c%20Lady%20Nelida.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CUENCA, Cristhian. FORMACION DE UNA VARIEDAD EXPERIMENTAL DE MAIZ AMARILLO SUAVE (Zea Mays L.) TIPO "MISHCA" A PARTIR DE MEDIOS HERMANOS COMPLETOS. TUMBACO, PICHINCHA. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad central del Ecuador, Facultad de ciencias agrícolas Quito-Ecuador. 2013, p.4. [Consulta: 12 de 03 de 2021.] <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1059/1/T-UCE-0004-11.pdf>.

DIAZ, Fernando. USO DE LA REMOLACHA AZUCARERA Y DE LA PULPA DE REMOLACHA EN LA ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS Dellait. [En línea] 2017, p.8. [Consulta: 2 de 4 de 2021.] <https://dellait.com/es/insights/uso-de-la-remolacha-azucarera-y-de-la-pulpa-de-remolacha-en-la-alimentacion-de-vacas-lecheras/>.

EKOS. Ecuador, líder en la producción de banano. [En línea] 2020, p.2 [Consulta: 3 de 09 de 2020]. Disponible en: <https://www.ekosnegocios.com/articulo/ecuador- lider-en-la-producción-de-banano>.

ESCALANTE, J & FUENTES, H. ESTUDIO EXPERIMENTAL DE OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS DE BANANO ORGÁNICO EN PIURA. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Piura, Perú. 2013, pp.6-7. [Consultado: 2 de 10 de 2020]. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1744/ING_531.pdf?sequence.

ESTRADA, Johanna & TENJO, Dolly. Obtención de un sustrato fermentable de origen vegetal y su evaluación con células libres de *Saccharomyces cerevisiae*. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. Bogotá 2007, pp. 18-25. [Consulta: 13 de 08 de 2020]. Disponible en: <file:///C:/Users/SANDRA/Desktop/tesis285.pdf>.

GONZÁLES, Mayra & PUÉMAPE, Manuel. “ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA OBTENCIÓN DE BIOETANOL APARTIR DE CÁSCARA DE PLÁTANO EN PIURA, PERÚ”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura, Perú. 2017, p. 15. [Consulta: 29 de 09 de 2020]. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3305/ING_592.pdf?sequence=1

GONZALEZ, Alicia & VALENZUELA, Lourdes. *Saccharomyces cerevisiae*. [En línea] 2016, p.3. [Consulta: 12 de 08 de 2020.] <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/Cap16/>

GUEVARA, Carlos y otros. HIDRÓLISIS ENDO-ENZIMÁTICA Y PRODUCCIÓN DE ETANOL APARTIR DEL BANANO DE RECHAZO [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad del Quindío. 14 de 10 de 2015. [Consulta: 20 de 11 de 2020.]

https://www.researchgate.net/publication/314550931_HIDROLISIS_ENDOENZIMATICA_Y_PRODUCION_DE_ETANOL_A_PARTIR_DEL_BANANO_DE_RECHAZO.

GRECIA, Mishel. Saccharomyces cerevisiae. [En línea] [Investigación] Colombia 2015, p.3. [Consulta: 12 de 08 de 2020]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/8wp091/saccharomyces-cerevisiae-54892712>

GUARDIA, et al. Composición química del grano de maíz (Zea mays) Chococito del municipio de Quibdó, Chocó, Colombia. [En línea] 2016, p.2. [Consulta: 29 de 09 de 2020.] <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1619/1946>

GUZMAN, Andrea. QUE ES EL ETANOL Y CUALES SON SUS USOS CC News [En línea]. 2019, p.3. [Consulta: 11 de 08 de 2020]. Disponible en: <https://news.culturacolectiva.com/mexico/que-es-el-etanol-y-cuales-son-sus-usos/>

HUANCAVILCA, Radio. LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN EL 2019-Radio HUANCAVILCA [En línea]. 2018, p.2. [Consulta: 14 de 08 de 2020]. Disponible en: <https://radiohuancavilca.com.ec/la-produccion-de-maiz-en-el-2019-sera-de-13-millones-detoneladas/#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20de%20ma%C3%ADz%20en,de%20toneladas%20%7C%20Radio%20Huancavilca%20830AM>.

INGA, Rómulo. Producción de etanol. [En línea] [Investigación] Universidad Nacional "Pedro Luis Gallo", Facultad de Ciencias Biológicas. Lambayeque. 2019, pp. 62-63. [Consulta: 25 de 08 de 2020]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/sairsaul/20375393-monografiaproducciondebioetanolxvcursodetitulacion>.

LEVEAU, J. & BOUIX, M. *Microbiología industrial. Los microorganismos de interés industrial* [En línea]. Zaragoza-España: Acríbia, S.A. 2000, pp. 20-31. [Consulta: 12 de 08 de 2020]. Disponible en: https://www.editorialacribia.com/libro/microbiologia-industrial-los-microorganismos-de-interes-industrial_54245/.

LEYVA, Luis. Remolacha azucarera. [En línea] 2019, p.3. [Consulta: 25 de 09 de 2020]. Disponible en: <https://www.tuberculos.org/remolacha/azucarera/#:~:text=Se%20dice%20que%20cada%20ra%C3%ADz,de%20las%20condiciones%20de%20cultivo>.

MACHÍN, et al. LEVADURA SACCHAROMYCES CEREVISIAE Y LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOL. [En línea] [Investigación] Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. Habana, Cuba. 2016, pp.3-46. [Citado el: 12 de 08 de 2020.]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223148420004.pdf>.

MARTINEZ, José Ricardo. Efecto Crabtree. [En línea] [Investigación] 2019, p.2. [Consulta: 12 de 08 de 2020]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/427442990/Efecto-Crabtree>.

MORA, Vanesa. Obtención de bioetanol a partir de desecho agroindustrial de pulpa de Banano (*Musa cavendish*) vía fermentación utilizando *Saccharomyces*. [En línea](Trabajo de titulación). (Ingeniería en alimentos) Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Escuela de Tecnologías de Alimentos. Costa Rica 2012, págs.8-90. [Consulta: 29 de 09 de 2020]. Disponible en:
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/2594/1/34807.pdf>

MORÁN, Joselo & CHÁVEZ, Francisco. CARACTERIZACIÓN FÍSICO- QUÍMICA DEL JUGO DE CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) EN LA HACIENDA EL JARDÍN. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta 2016, pp. 7-15. [Consulta: 25 de 08 de 2020]. Disponible en:
<http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/264/1/TAI105.pdf>

MORENO, Juan. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE MICROORGANISMOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL A NIVEL INDUSTRIAL. [En línea](Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Nacional de Colombia 2011, pp. 6-46. [Consulta: 25 de 08 de 2020]. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/4791/1/8108502.2011.pdf>

OROPEZA, Israel. Construcción de rutas Bioquímicas simplificadas para el análisis del control metabólico de la biosíntesis de Trehalosa en *Saccharomyces cerevisiae*. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Instituto Politécnico Nacional. México. 2007, pp. 1-2. [Consulta: 13 de 08 de 2020]. Disponible en:
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/14678/Completo.pdf?sequence=1&isallowed=y>.

OTERO, M. et al. Experiencias en la producción de etanol a partir de jugos de caña mezclados. Parte II. Efecto de la temperatura y la concentración de azúcares. [En línea] [Investigación] Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. Habana, Cuba 2010, p.32. [Consulta: 29 de 08 de 2020]. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120681004.pdf>.

ORTIZ, Augusto. EVALUACIÓN DE TRES FRECUENCIAS DE RIEGO CON POLIETILENO, EN SUELO ARCILLOSO, SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE CAÑA DE AZÚCAR; CUYOTENANGO, SUCHITEPÉQUEZ [En línea] (trabajo de titulación) (ingeniería) Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y

Agrícolas. Escuintla. 25 de 04 de 2013, p.2. [Consulta: 14 de 08 de 2020]. Disponible en: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2017/06/17/Rosales-Carlos.pdf>

PÁRRAGA, et al. EVALUACIÓN DE LEVADURAS EN LA PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE MELAZA DE CAÑA DE AZÚCAR. Revista Espamciencia. [En línea] 30 de 12 de 2020, p.4. [Consulta: 15 de 10 de 2020.] http://espamciencia.esпам.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/193/231.

PARI, Edith. CINÉTICA DE CONVERSIÓN DE LOS CARBOHIDRATOS PRESENTES EN LA CÁSCARA DE PLÁTANO (Musa Cavendishi) PARA LA OBTENCIÓN DE ETANOL. [En línea] 2013, p.31. [Citado el: 30 de 09 de 2020.] Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2879/Pari_Panca_Edith_Da_nitza.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

PEÑA, Carolina & ARANGO, Rafael. EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL UTILIZANDO CEPAS RECOMBINANTES DE *Saccharomyces cerevisiae* A PARTIR DE MELAZA DE CAÑA DE AZÚCAR [En línea] [Investigación]. Universidad Nacional de Colombia. Colombia 09 de 2009, pp. 155- 159 [Consulta: 14 de 08 de 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/496/49611945017.pdf>

RAMÍREZ, Miguel Ángel. Cultivos para la producción sostenible de biocombustibles: Una alternativa para la generación de empleos e ingresos. [En línea] © Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo SNV. Tegucigalpa, Honduras. 07 de 2008, p.8. [Consulta: 14 de 08 de 2020]. Disponible en: <http://www.bibalex.org/Search4Dev/files/289330/120295.pdf>

RODRÍGUEZ, et al. EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA PRÁCTICA “EMBOLSADO” EN PLÁTANO (Musa AAB SIMMONDS). [En línea] [Trabajo de investigación]. 2013, p.102. [Consulta: 1 de 10 de 2020.]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n36/n36a08.pdf>.

RODRÍGUEZ, Noel & PÉREZ, Baruc. Factores previos involucrados en la producción de bioetanol, aspectos a considerar. [En línea] [Investigación] Universidad Autónoma de Querétaro y Universidad Politécnica de Pachuca. México. 2014, p.2. [Consulta: 13 de 08 de 2020]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000200008

RODRÍGUEZ, José & VERA, David. MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE UN PROCESO DE PRODUCCIÓN DE INÓCULO DE LEVADURA PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL. [En línea] 2017, p.32. [Consulta: 26 de 08 de 2020.] Disponible en: [http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/3671/1/MOSQUERA%20RODRIGUEZ%](http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/3671/1/MOSQUERA%20RODRIGUEZ%20)

[20y%20VERA%20YUPA%20%20MODELAMIENTO%20MATEM%c3%81TICO%20DE%20UN%20PROCESO%20DE%20PRODUCCI%c3%93N%20DE%20IN%c3%93CULO%20DE%20LEVADURA%20PARA%20LA%20PRODUCCI%c3%93N%20D.pdf.](#)

ROMERO, Daniela Beatriz. MODELAMIENTO CONTINUO DE UNA RED METABÓLICA CON REGULACIÓN GÉNICA Y DINÁMICA DE SÍNTESIS ENZIMÁTICA: CAMBIO DIÁUXICO EN SACCHAROMYCES CEREVISIAE [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad de Chile, Facultad de ciencias físicas y matemáticas Santiago de Chile-Chile. 2011, p.8. [Consulta: 1 de 02 de 2021.] http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/102584/cf-vaisman_dr.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

SIBRI, Andrea. "COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE BIOETANOL OBTENIDO A PARTIR DE LA BIOMASA LIGNOCELULOSICA DE LOS PSEUDOTALLOS DE BANANO [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador. Quito-Ecuador. 2018, p.120. [Consulta: 06 de 11 de 2020.] <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15682/4/UPS-CT007695.pdf>.

TIPAN, Ernesto. Estudio de la factibilidad para la producción y comercialización de remolacha forrajera (Beta vulgaris var.altisima) en el cantón Quito de la provincia de Pichincha. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador. 2011, pp.11-15. [Consulta: 14 de 08 de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/728>

TRUJILLO, Maximiliano. Efecto de la fertilización nitrogenada en la aclimatación de tres cultivares de “remolacha azucarera” Beta vulgaris L, cv. SVPE 14-01,14- 02,14-03 (Amaranthaceae), sembrados en trasplante tardío a más de 4,000 msnm, sierra del distrito Sarín, provincia S. [En línea] (trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma. La libertad, Perú. 2015, pp.1-3. [Consulta: 14 de 08 de 2020]. Disponible en: http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/4105/1/RE_ING.AGRON_DOMIN_GO.GOMES_EFECTO.DE.FERTILIZACION_DATOS.PDF.

VÁZQUEZ, Aurora. ESTUDIO DE LA OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE DIFERENTES TIPOS DE BIOMASA LIGNOCELULÓSICA. MATRIZ DE REACCIONES Y OPTIMIZACIÓN [En línea] (trabajo de titulación) (Ingeniería) Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía, Cantabria, España. 2017, pp.10-11. [Consulta: 11 de 08 de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/12178/RAF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

VILLARROEL, Ángel. APLICACIÓN DE TECNICAS PARA LA CLARIFICACION DEL JUGO DE CAÑA (*Saccharum officinarum*) COMO MEJORADOR DE SUS CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en alimentos. Ambato, Ecuador. 2006, p.2. [Consulta: 15 de 09 de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3361/1/P95%20Ref.2984.pdf>.

YANQUE, Jacques. “ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA INSTALAR UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE BIOETANOL HIDRATADO A PARTIR DE LA CAÑA DE AZÚCAR USANDO LEVADURA DE UVA QUEBRANTA [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de ingeniería química y textil. Lima-Perú. 2011, p.61. [Consulta: 3 de 11 de 2020.] <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2819/1/Obtenci%C3%B3n%20De%20Alcohol%20A%20Partir%20Del%20Tallo%20De%20Ma%C3%ADz.pdf>.

ZETA, Geraldine. EFECTO DE LA CINÉTICA DE HIDRÓLISIS ÁCIDA DE ALMIDÓN DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN EL RENDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE ETANOL. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura, Perú 2018, pp.56-59. [Consulta: 25 de 08 de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1389/IND-PUE-ZET-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.