

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Producción de bioetanol a partir de la baba de cacao (*theobroma cacao*) y agua de coco (*cocos nuciferas*) con fines de mitigación ambiental

Trabajo de Investigación para obtener el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental

Por:

Ivan Castillo Cárdenas

Luis Angel Huillca Cordova

Asesor:

Ing. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

Tarapoto, agosto de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo, Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “Producción de bioetanol a partir de la baba de cacao (*theobroma cacao*) y agua de coco (*cocos nuciferas*) con fines de mitigación ambiental” constituye la memoria que presentan los Bachilleres Castillo Cárdenas Ivan, Huilca Cordova Luis Angel; para aspirar al Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Morales, a los 25 días del mes de noviembre del año 2020.



Asesor

Ing. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

Producción de bioetanol a partir de la baba de cacao (*theobroma cacao*) y agua de coco (*cocos nuciferas*) con fines de mitigación ambiental.

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Mtra. Dayani Shirley Romero Vela

Presidente



Ing. Jhon Patrick Rios Bartra

Secretario



Ing. Kátterin Jina Luz Pinedo Gómez

vocal



Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

Asesor

Tarapoto, 12 de agosto de 2020

Resumen

La crisis energética que afronta el mundo actualmente, está relacionada con la reducción de combustibles fósiles, el progresivo precio del petróleo, así como la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, los cuales son los responsables del calentamiento del planeta. En la actualidad la generación de alternativas energéticas ha conllevado al uso de materias primas naturales dando lugar a los llamados biocombustibles puesto que su producción es más limpia y menos contaminante en comparación con los combustibles fósiles. Por lo que el presente trabajo tiene como objetivo producir bioetanol a partir de la fermentación alcohólica de los residuos derivados de la baba de cacao (*Theobroma cacao*) y agua de coco (*Cocos nuciferas*). Haciendo uso de agar Sabouraud se aisló levadura *saccharomyces cerevisiae* de la chicha de jora obteniendo así nuestro caldo Sabouraud, luego se recolecto los sustratos y con la ayuda del brixómetro se midió la concentración inicial de azúcar, a continuación se le aplico la tercera parte de caldo Sabouraud sobre los sustratos para acelerar la fermentación alcohólica luego de 24 horas se empleó el método de la probeta invertida para medir la cantidad de CO₂ el cual es un indicador directo de la producción de bioetanol determinando así cuál de los dos sustratos tubo el mayor rendimiento.

Palabras claves: Efecto invernadero; fermentación alcohólica; probeta invertida.

Abstract

The energy crisis facing the world today is related to the reduction of fossil fuels, the progressive price of oil, as well as the accumulation of greenhouse gases in the atmosphere, which are responsible for warming of the planet. Currently, the generation of energy alternatives has led to the use of natural raw materials, giving rise to so-called biofuels since their production is cleaner and less polluting compared to fossil fuels. Therefore, the present work aims to produce bioethanol from the alcoholic fermentation of the residues derived from the cacao slime (*Theobroma cacao*) and coconut water (*Cocos nuciferas*). Using Sabouraud agar, yeast *saccharomyces cerevisiae* was isolated from chicha de jora, thus obtaining our Sabouraud broth, then the substrates were collected and with the help of the brixometer, the initial concentration of sugar was measured, then the third of Sabouraud broth on the substrates to accelerate alcoholic fermentation after 24 hours, the inverted test method was used to measure the amount of CO₂, which is a direct indicator of bioethanol production, thus determining which of the two substrates tube the highest performance.

Keywords: Greenhouse effect; alcoholic fermentation; inverted test tube.

1. Introducción

La crisis energética que afronta el mundo actualmente, está relacionada con la reducción de combustibles fósiles, el progresivo precio del petróleo, así como la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, los cuales son los responsables del calentamiento del planeta. Estos combustibles de origen fósil representan más del 80% del suministro total de energía a nivel mundial, del cual el 58% es consumido por el sector del transporte.

La mayor parte de la energía que consumen los motores de combustión interna (MCI) proviene fundamentalmente de derivados del petróleo. El uso indiscriminado de esta fuente de energía no renovable, unido a su creciente demanda, así como los efectos negativos sobre el medio ambiente que provoca su uso (diariamente la atmósfera recibe más de 15 billones de toneladas de CO₂) y las vías para mantener e incrementar el desarrollo tecnológico utilizando fuentes alternativas de energía, son de los mayores retos que tiene el hombre en este siglo XXI (Melo-espinoza, 2015).

La contaminación atmosférica es el principal riesgo ambiental para la salud en las Américas. Los contaminantes atmosféricos más relevantes para la salud son material particulado (PM) con un diámetro de 10 micras o menos. La mayoría de estos contaminantes son el producto de la quema de combustibles fósiles y los riesgos y efectos en la salud no están distribuidos equitativamente en la población. Las personas con enfermedades previas, los niños menores de cinco años y los adultos entre 50 y 75 años de edad son los más afectados. Hay efectos de la contaminación del aire sobre la salud a corto y largo plazo, siendo la exposición a largo plazo y de larga duración la más significativa para la salud pública.

El bioetanol es un biocombustible de origen vegetal que se produce a partir de la fermentación de materia orgánica rica en azúcar (caña, remolacha o vino), así como de la

transformación en azúcar del almidón presente en los cereales. Se utiliza en motores de explosión como aditivo o sustitutivo de la gasolina. La producción de bioetanol se basa en un proceso bien conocido: la fermentación alcohólica (Gracia, 2004).

Los combustibles alternativos (GLP, GNC, Y Etanol). Todos ellos tienen una característica en común, que es la reducción de las emisiones contaminantes frente a las emitidas por los combustibles derivados del petróleo, es decir, estos combustibles son más limpios con el medio ambiente. La generación de combustibles a partir de productos agrícolas llamados agro-combustibles o biocombustibles ha sido impulsada recientemente como alternativa a los altos precios del petróleo y la contaminación debido al dióxido de carbono. (Arturo Orjuela, 2011).

En efecto, el 36% de las muertes por cáncer de pulmón, el 35% de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (COPD), el 34% de los accidentes cerebrovasculares y el 27% de las cardiopatías isquémicas son atribuibles a la contaminación atmosférica (Martínez, 2014). El bioetanol es un biocombustible de origen vegetal que se produce a partir de la fermentación de materia orgánica rica en azúcar (caña, remolacha o vino), así como de la transformación en azúcar del almidón presente en los cereales. Se utiliza en motores de explosión como aditivo o sustitutivo de la gasolina.

La producción de bioetanol se basa en un proceso bien conocido: la fermentación alcohólica (Gracia, 2004). El bioetanol presenta ventajas, pues su uso en vehículos de transporte reduciría de manera importante las emisiones de SO₂, CO₂, residuos de hidrocarburos y, al mismo tiempo, permitiría una reducción del efecto invernadero (Azcapotzalco & Consejo, 2007). Cabe señalar que la producción de bioetanol por fermentación es una tecnología limpia, relativamente simple y fácil de desarrollar por lo tanto en la presente investigación se trata de buscar una alternativa mediante la producción de bioetanol a partir de residuos orgánicos y así mitigar la contaminación generada por los combustibles fósiles.

2. Métodos

2.1. Métodos

2.2. Etapa I: Revisión bibliográfica y coordinación para la obtención de equipos y materiales.

- Búsqueda de libros, revistas, documentos indexados y otros artículos virtuales que permiten obtener la información bibliográfica necesaria para la ejecución del presente trabajo.
 - Coordinación con el encargado del laboratorio de ambiental de la Universidad Peruana Unión para poder coordinar los horarios libres y la disponibilidad de materiales.
- Coordinación con el biólogo Henry Giovanni Jave Concepción para la disponibilidad del equipo brixómetro.

2.3. Etapa II: Determinación de los puntos de muestreo y preparación de materiales y equipos se recolectarán las muestras.

- Se recolectaron las muestras de casa residuo orgánico.
- Se fermento la chicha de jora para aislamiento de levaduras y obtener nuestro medio fermentativo (caldo sabouraud)
- se esterilizaron las materias y se coordinó la disponibilidad de equipos a utilizarse dentro del laboratorio de ingeniería ambiental.

2.4. Etapa III: Elaboración del proyecto

- Se recolecto los sustratos y las muestras fueron llevados al laboratorio y con el brixómetro se procedió a medir la concentración inicial de azúcar de los dos sustratos: baba de cacao (*Theobroma cacao*) y agua de coco (*Cocos nuciferas*).
- Con la ayuda de un gotero se procederá a colocar una gota en la pantalla del brixómetro.
- Se orientará el brixómetro hacia una fuente de luz y se observará los resultados en grados brix.

- Para obtener caldo Sabouraud se procedió a fermentar 2 litros de chicha de jora agregándole 5 cucharadas de azúcar y 5 cucharadas de harina de soja, dejándolo fermentar por 24 horas.
- Luego se sembró en 6 placas de agar Sabouraud, 3 por cada muestra los cuales fueron incubados a temperatura ambiente por 48 horas de donde se procedió a aislar tomó levaduras tomando una pequeña alícuota y sembrándolos en 4 placas con agar Sabouraud los cuales fueron incubados por 34 horas.
- Luego se le agrego una pequeña cantidad de solución salina fisiológica a la placa y con la ayuda del asa de siembra se desprendió todas las levaduras presentes las cuales fueron puestas en dos matraces con 330 ml de agar Sabouraud y lo encubamos a 37°C por 24 horas obteniendo así nuestro caldo Sabouraud.
- Haciendo uso del agar Sabouraud se aisló levadura “*saccharomyces cerevisiae*” de la chicha de jora obteniendo así nuestro caldo Sabouraud, luego se recolecto los sustratos y con la ayuda del brixómetro se midió la concentración inicial de azúcar, a continuación, se le aplico la tercera parte de caldo Sabouraud sobre los sustratos para acelerar la fermentación alcohólica luego de 24 horas se empleó el método de la probeta invertida para medir la cantidad de CO₂.
- Se agregaron 330ml de caldo Sabouraud a cada 1000 ml de sustrato el cual fue puesto en un matraz con tapa hermética y previamente se le adapto una manguera a la tapa del matraz. En un vaso precipitado de 5 lt se colocó 4.5 lt de agua y para facilitar la observación de la producción de CO₂ se agregó al agua safranina.
- Luego se llenó de agua una probeta de un 1 lt; la cual fue colocada dentro del vaso precipitado de forma invertida quedando llena de agua y colocando la manguera dentro de la probeta.
- Luego se determinaron los tiempos de fermentación para cada sustrato siendo de 5 horas para la baba de cacao y de 5: 45 min para el agua de coco, también se determinó la producción de gas (CO₂)

- El procesamiento de datos se realizó con el método de la probeta invertida el cual consiste en medir la producción de CO₂ y luego con la utilización de tablas interpolación determinaremos la concentración de alcohol.

3. Resultados y Discusión

3.1. Resultados obtenidos con el equipo brixómetro.

Tabla 1 Determinación del grado de concentración de azúcar inicial entre los sustrato: baba de cacao (*Theo-broma cacao*) y agua de coco (*Cocos nuciferas*).

Sustrato	Grado de azúcar inicial(brix)
Baba de cacao	15
Agua de coco	6

Fuente Elaboración propia, 2020

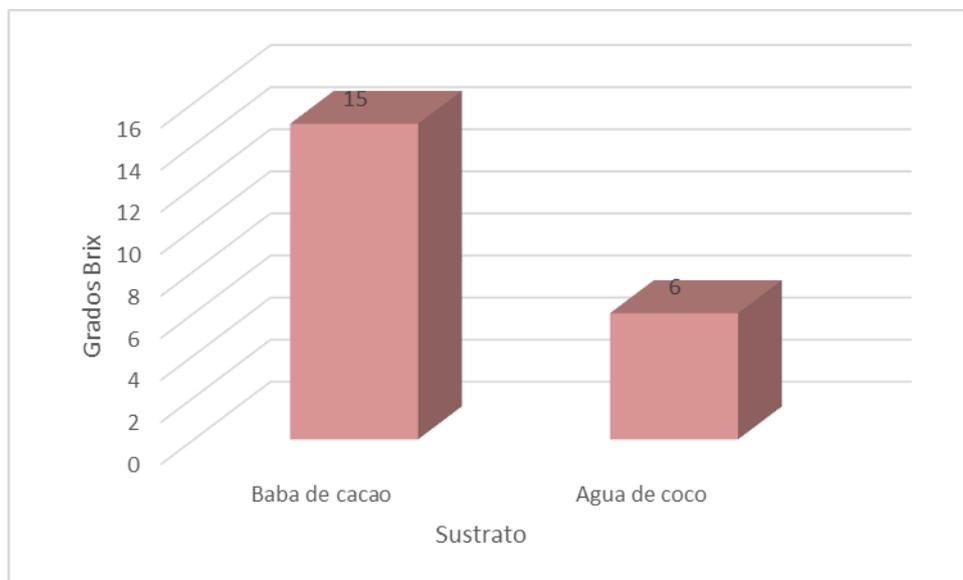


Gráfico 1 Concentración del grado de azúcar inicial de los sustratos.

En el gráfico 1, se puede apreciar los resultados de determinación de azúcar inicial en grados brix de los sustratos, en el que se encontró una diferencia significativa del sustrato baba de cacao (*Theobroma cacao*) con una concentración de 15 grados brix y el sustrato agua de coco (*Cocos nuciferas*), con una concentración menor de 6 grados brix.

3.2. Resultados empleando el método de la probeta invertida.

Tabla 1 Determinación de tiempo y volúmen de producción de CO₂ de los sustratos baba de cacao (*Theobroma cacao*) y agua de coco (*Cocos nuciferas*).

Sustratos	volumen de producción de CO ₂	Unidad	Tiempo de producción de CO ₂	unidad
Baba de cacao	5.6	litros	5	horas
Agua de coco	1.3	litros	5.45	horas

Fuente Elaboración propia, 2020

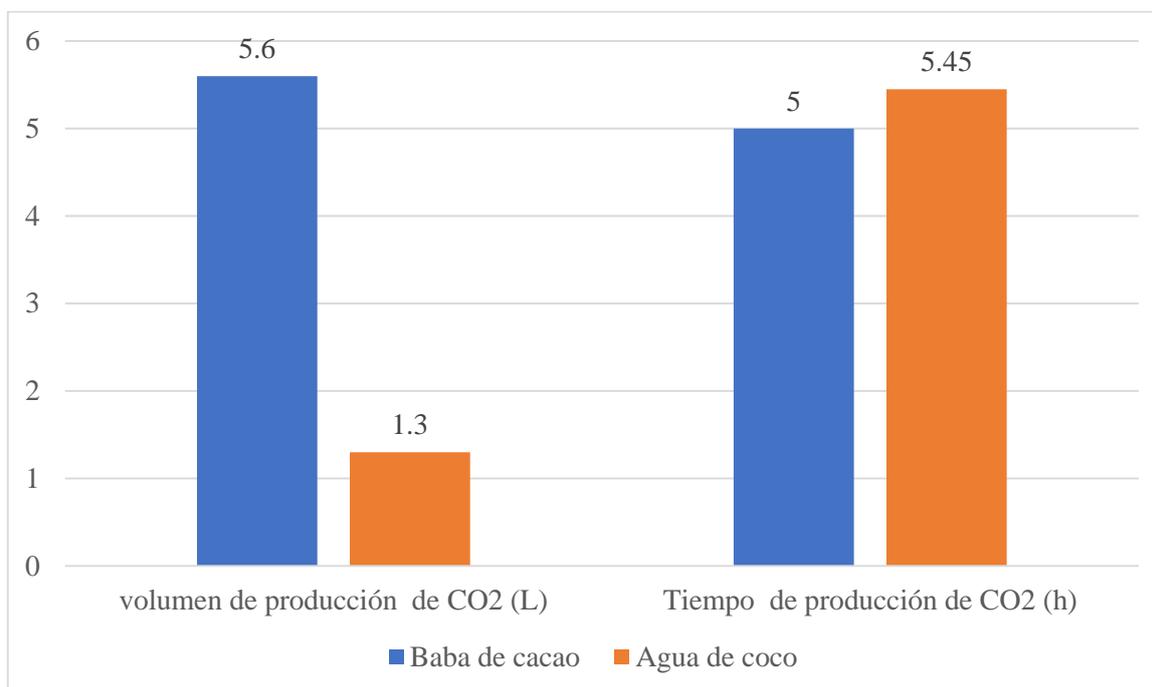


Gráfico 2 Determinación del tiempo y volumen de producción de CO₂

En el gráfico 2, se observa los valores del volumen de producción de CO₂ en litros de los sustratos utilizados, y establece una diferencia significativa del sustrato baba de cacao (*Theobroma cacao*) con 5.6 litros de producción de CO₂ y una producción de 1.3 litros de CO₂ para el agua de coco (*Cocos nuciferas*). además, se aprecia los resultados obtenidos de los tiempos de producción de CO₂ para cada sustrato siendo de 5 horas para la baba de cacao (*Theobroma cacao*) y de 5: 45 min para el agua de coco (*Cocos nuciferas*).

3.3. Resultados obtenidos mediante el uso de tablas de interpolación para producción de etanol.

Tabla 3 Porcentaje de producción de bioetanol haciendo uso de tablas de interpolación.

Sustratos	Producción (%)
Baba de cacao	4.6%
Agua de coco	1.1%

Fuente: Elaboracion propia, 2020

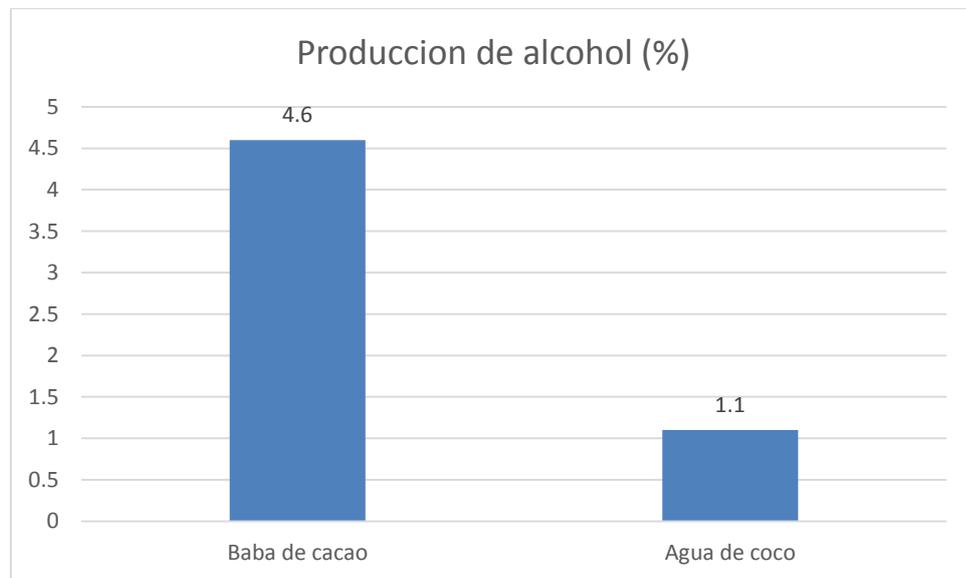


Gráfico 3 Producción de alcohol entre el sustrato baba de cacao y agua de coco.

En el gráfico 3, se puede apreciar los resultados de la producción de alcohol para ello, haciendo uso de tablas de interpolación para producción de bioetanol; se determinó la cantidad producida por cada sustrato, teniendo la mayor producción de alcohol el sustrato baba de cacao con 4.6% y en segundo lugar el agua de coco que obtuvo un valor de 1.1% de producción de alcohol

4. Conclusiones y Discusiones

4.1. Conclusiones

La concentración inicial de azúcar el cual se determinó con la ayuda del equipo brixómetro fue de 15 Brix para el cacao y de 6 Brix para el agua de coco los cual nos indica que la baba de cacao es un excelente sustrato orgánico para la producción de bioetanol debido a su gran concentración de azúcar, así mismo contribuye al uso de recursos orgánicos para disminuir el uso de combustibles fósiles que contaminan la atmosfera.

El tiempo de producción de CO₂ del agua de coco fue de 5: 45 min logrando alcanzar a producir un volumen de 1,3 lts de CO₂ y para la baba de cacao el tiempo fue de 5 horas, además alcanzo a producir un volumen de 5,6 lts de CO₂. Por lo tanto, se concluye que el agua de coco no es un sustrato tan beneficioso para generar bioetanol debido a sus bajas concentraciones de azúcar.

El residuo que genero la mayor producción de alcohol fue la baba de cacao con 4.6% y el agua de coco tubo una producción alcohólica de 1.1% de esta forma se concluye que la baba de cacao es un excelente sustrato para la levadura *Saccharomyces cerevisiae* ya que debido a su actividad metabólica produce gran cantidad de volumen de CO₂ por lo que favorece la producción de alcohol.

4.2. Discusiones

Las concentraciones de los resultados obtenidos de los residuos fueron 4.6% de alcohol para el sustrato baba de cacao y 1.1% de alcohol de agua de coco. Por lo tanto la baba de cacao es el sustrato más eficiente para la producción de CO₂ por tener un alto contenido de azúcar por otro lado, el agua de coco resulto lo contrario ya que tiene una baja concentración de azúcar por eso no obtuvo una mayor cantidad de CO₂.

Según (Carmen, 2017) en los resultados de su evaluación señala que los porcentajes de levadura *Saccharomyces cerevisiae* (0%, 0,01% y 0,05%) adquirieron diferencia en los sólidos solubles con valores de 14,1 °Brix de 0%, 13,6 °Brix de 0,01% y 12,9 °Brix en 0,05%, se deduce que el porcentaje de levadura (*saccharomyces cerevisiae*) correcto para el proceso de fermentación de un bioetanol a partir de mucílago de cacao es 0,05%. Ya que permite que los azúcares se consuman con facilidad y generen más contenido de alcohol. Por otro lado (Ciro, 2012) precisa en su investigación que la concentración de levaduras, nos indica que existe diferencia significativa en la concentración de levaduras y la producción de grado alcohólico; existe diferencia significativa en la concentración de levaduras y tiempo de fermentación (horas). Las concentraciones de levadura (0%, 0.5%, 1% y 2%) influye significativamente en la producción de grado alcohólico y altamente significante en el tiempo de fermentación (horas).

Según (Delgado Jorge, 2018) en sus resultados de evaluación indicaba que el tiempo óptimo de producción de biomasa y bioetanol fue de 34,5 horas a una temperatura de 35 °C, pH de 4 y concentración de levadura de 3 g/L, tiempo en cual la velocidad máxima de producción de bioetanol (rpm) alcanza su máximo valor cuando se genera la mayor concentración de bioetanol en la fermentación . En este estudio, la concentración máxima de bioetanol fue de 22,06 g/L con un rpm de 1,30 g/(L.h).

(Jorge, 2013) en su investigación resalta que las levaduras son los microorganismos más utilizados en la producción de etanol por la vía fermentativa, debido a que producen un mejor proceso de separación después de la fermentación, además producen un contenido de toxinas muy inferior a otros microorganismos. Tal es el caso de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, que bajo condiciones anaerobias reduce el piruvato a etanol con emisiones de CO₂, obteniéndose un rendimiento estequiométrico teórico de 0,511 g de etanol y 0,489 g de CO, por 1 g de glucosa metabolizada.

(Nelson, 2011) afirma en su investigación que los mejores tratamientos para la obtención de etanol a partir del mucílago de café fueron los que no se sometieron a hidrólisis y se inocularon con levaduras comerciales, entre los que no se encontraron diferencias estadísticas, permitiendo alcanzar, por cada kilogramo de mucílago sin diluir, rendimientos medios de 57,08 ml de etanol, seguido de los tratamientos sometidos a hidrólisis alcalina (rendimientos medios de 54,65 ml de etanol) y de los tratamientos sometidos a hidrólisis enzimática (rendimientos medios de 54,58 ml de etanol).

(Antonio, 2018) En los resultados de su investigación afirma que la adición de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la fermentación de cacao no aporta beneficios en la calidad del grano fermentado, puesto que una gran población de levaduras agota rápidamente el sustrato del mucílago, acelerando la fermentación alcohólica y desarrolla mayor actividad de la fermentación láctica y acética, logrando una buena fermentación de grano, con menor perfil sensorial.

5. Referencias

- Antonio, O. G. (2018). "EFECTO DE LA ENZIMA PECTOLÍTICA Y LEVADURA (*Saccharomyces cerevisiae*) EN LA FERMENTACIÓN Y CALIDAD DEL CACAO VAR. CRIOLLO (*Theobroma cacao*)".
- Carmen, a. o. (2017). Evaluación del proceso fermentativo del mucílago del cacao. 62-63.
- Ciro, C. H. (2012). RENDIMIENTO DE ALCOHOL DE MUCÍLAGO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) DE LOS CLONES CCN-51 E IMC-67 CON EL USO DE LEVADURA (*Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E.C. Hansen).
- Delgado Jorge, S. J. (2018). Optimización de la producción de bioetanol en procesos fermentativos del mucílago de Cacao CCN – 51 en un biorreactor. "Jornada de Jóvenes Investigadores del I3A", 2-3.
- Jorge, H. M. (2013). Producción de etanol por *Saccharomyces cerevisiae* a partir de glicerina, subproducto de biodiesel. *Ingeniería Solidari*, 98-99.
- Nelson, R. V. (2011). PRODUCCIÓN DE ALCOHOL A PARTIR DEL MUCÍLAGO DE CAFÉ. *Cenicafé*.
- Arturo Orjuela, J. (2011). Potencial de producción de Bioetanol a partir de Caña Panelera : dinámica entre contaminación , seguridad alimentaria y uso del suelo Potential production bioethanol from pollution , food safety and land use, 16(1), 6–26

Azcapotzalco, U., & Consejo, O. De. (2007). Fermentación alcohólica : Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas Alcoholic fermentation : An option for renewable energy production, 2007, 249–259.

Corella Quiroz, B. A. (2013). Producción de bioetanol a partir del corazón y la cáscara de la piña utilizando la levadura *Saccharomyces Cerevisiae*.

Gracia, C. (2004). C. Gracia Biocombustibles: ¿energía o alimento 4: Bioetanol 77, 77–103.

Martínez, J. A. (2014). Energía del futuro : Bioalcoholes a partir de Residuos Sólidos Urbanos The energy of the future :

Melo-espinosa, E. A. (2015). Microalgas como materia prima para la producción de biocombustibles en Cuba, (June).

Sanchez Riaño & Muñoz Hernandez. (2012). Producción de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos Bioethanol Production from agroindustrial lignocellulosic byproducts, 61–91.