



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUÍZ GALLO”

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

TESIS

**“USO DE BETABIO (BACTERICIDA NATURAL) PARA
INCREMENTAR EL RENDIMIENTO EN DESTILERÍA DE ALCOHOL
ETÍLICO A PARTIR DE MELAZA”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

Bach. ESPINOZA LAPIZ IVONNE

Bach. TULLUME SEGURA LYNDA CAROLINA

Lambayeque - Perú
2017

Universidad Nacional 'Pedro Ruíz Gallo'



Facultad de Ingeniería Química

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

TESIS

**“USO DE BETABIO (BACTERICIDA NATURAL) PARA INCREMENTAR
EL RENDIMIENTO EN DESTILERÍA DE ALCOHOL ETÍLICO A PARTIR DE
MELAZA”**

APROBADO POR:

Ing. Jose Venegas Kemper

Ing. Ruben Sachun Garcia

Ing. Carlos Arce Cruzado

Lambayeque - Perú
2017

DEDICATORIA

A Dios Padre y Jesús hijo, por llenarme de fuerzas
Y de sus dones cada vez que los llamé.
A mi vida entera, gracias mami Doris, por ser la impulsadora
Y la más pendiente de la culminación del trabajo. A ti mis logros.
A mi familia, abuelos, hermano Yuri, papá Miguel, tíos, primos y amigos, que
Con cada palabra de aliento, me hicieron asentar cabeza.
A Ivonne Espinoza, por el esfuerzo compartido, gracias mejor amiga.
Lynda.

A Dios, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera y me ha permitido
llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.
A mis padres y hermano, porque ellos siempre estuvieron a mi lado
brindándome todo su apoyo y amor incondicional.
A mis seres queridos y una persona muy especial en mi vida, por su confianza,
por su amor, por sus palabras y su compañía.
A mi mejor amiga y compañera de tesis por todos los años de amistad que
hemos y seguiremos compartiendo, y que nos permitió llegar a este punto
importante de nuestras vidas.
Ivonne.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro asesor, el Ing Enrique Hernández Oré, por el apoyo, las aclaraciones y correcciones en el presente trabajo.

A Destilería Naylamp E.I.R.L, representado por su gerente general, el Ing. José Antonio Jaime Véliz, por habernos permitido el uso del laboratorio para realizar la experimentación y el tratamiento de datos.

A Manuel Hoyos por el constante apoyo y resolución de dudas, gracias amigo.

Al Lic. Martín Asmat, por todo el apoyo desde inicio a fin en el trabajo, por la asesoría e impulso a seguir.

A nuestras amigas y amigos de toda la vida universitaria, por las ideas, ejemplo y ganas de seguir adelante.

Ivonne y Lynda

Contenido

| | |
|--|----|
| RESUMEN..... | 1 |
| ABSTRACT..... | 2 |
| INTRODUCCIÓN | 3 |
| CAPÍTULO I: FUNDAMENTO TEORICO | 5 |
| Melaza De Caña | 6 |
| Tratamiento Previo De La Melaza Antes De La Fermentación | 6 |
| Contaminación Bacteriana De La Melaza..... | 7 |
| Pérdidas De Sacarosa | 7 |
| Tratamiento De La Contaminación Bacteriana..... | 8 |
| Factores Que Afectan El Rendimiento Alcohólico:..... | 9 |
| Proceso De Fermentación Alcohólica | 9 |
| Control De Proceso | 10 |
| Producción De Alcohol Etilico: | 11 |
| 1. BETABIO (BACTERICIDA):..... | 12 |
| 2. ALCOHOL ETILICO:..... | 12 |
| 3. LEVADURA: | 12 |
| CAPÍTULO II: MATERIAL Y METODOS | 13 |
| MATERIALES Y MÉTODOS: | 14 |

| | |
|--|----|
| 4. MATERIALES: | 14 |
| 5. EQUIPOS:..... | 14 |
| 6. REACTIVOS: | 15 |
| 7. MÉTODOS: | 15 |
| Preparación De La Muestra Para Análisis Químicos: | 15 |
| Descripción Del Proceso Experimental: | 19 |
| Proceso De Fermentación: | 21 |
| CAPÍTULO III: RESULTADOS | 24 |
| RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN | 25 |
| Resultados de los análisis realizados a la melaza: | 25 |
| Presentación de los resultados:..... | 26 |
| 8. PRIMER ENSAYO: | 27 |
| 9. SEGUNDO ENSAYO: | 29 |
| 10. TERCER ENSAYO:..... | 31 |
| 11. CUARTO ENSAYO:..... | 33 |
| 12. QUINTO ENSAYO:..... | 35 |
| 13. SEXTO ENSAYO: | 37 |
| 14. SÉPTIMO ENSAYO: | 39 |
| 15. OCTAVO ENSAYO:..... | 41 |

| | |
|--|----|
| 16. NOVENO ENSAYO: | 43 |
| DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS..... | 45 |
| CONCLUSIONES | 52 |
| RECOMENDACIONES | 53 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 54 |
| LINKOGRAFÍA | 57 |
| APÉNDICE | 59 |
| APÉNDICE A | 60 |
| 17. CÁLCULOS REALIZADOS A LA MELAZA | 60 |
| APÉNDICE B | 63 |
| 18. CÁLCULOS EN LAS MUESTRAS DE ESTUDIO..... | 63 |
| APÉNDICE C | 67 |
| 19. ANÁLISIS ANAVA PARA RESULTADOS | 67 |
| ANEXOS..... | 72 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | | |
|-----------------|---|-------|----|
| Tabla 01 | Resultados de los análisis realizados a la melaza | ..... | 25 |
| Tabla 02 | Concentraciones y pH en los tres grupos de muestra | ..... | 26 |
| Tabla 03 | Características iniciales del primer grupo | ..... | 27 |
| Tabla 04 | Consolidado de resultados del primer grupo | ..... | 28 |
| Tabla 05 | Características iniciales del segundo grupo | ..... | 29 |
| Tabla 06 | Consolidado de resultados del segundo grupo | ..... | 30 |
| Tabla 07 | Características iniciales del tercer grupo | ..... | 31 |
| Tabla 08 | Consolidado de resultados del tercer grupo | ..... | 32 |
| Tabla 09 | Características iniciales del cuarto grupo | ..... | 33 |
| Tabla 10 | Consolidado de resultados del cuarto grupo | ..... | 34 |
| Tabla 11 | Características iniciales del quinto grupo | ..... | 35 |
| Tabla 12 | Consolidado de resultados del quinto grupo | ..... | 36 |
| Tabla 13 | Características iniciales del sexto grupo | ..... | 37 |
| Tabla 14 | Consolidado de resultados del sexto grupo | ..... | 38 |
| Tabla 15 | Características iniciales del séptimo grupo | ..... | 39 |
| Tabla 16 | Consolidado de resultados del séptimo grupo | ..... | 40 |
| Tabla 17 | Características iniciales del octavo grupo | ..... | 41 |
| Tabla 18 | Consolidado de resultados del octavo grupo | ..... | 42 |
| Tabla 19 | Características iniciales del noveno grupo | ..... | 43 |
| Tabla 20 | Consolidado de resultados del noveno grupo | ..... | 44 |
| Tabla 21 | Promedio de rendimientos obtenidos de la experimentación. | ..... | 47 |

| | | | |
|-----------------|---|-------|----|
| Tabla 22 | Estructura del Análisis estadístico (ANOVA). | ..... | 50 |
| Tabla 23 | Resultados del Análisis estadístico (ANOVA) de los resultados. | ..... | 51 |
| Tabla 24 | Resultados del grado alcohólico según concentración Betabio. | ..... | 65 |
| Tabla 25 | Consolidado del Análisis estadístico (ANOVA) de los resultados. | ..... | 68 |
| Tabla 26 | Consolidado de resultados del ANOVA en resultados obtenidos. | ..... | 69 |
| Tabla A1 | Percentiles de distribución f | . | 75 |
| Tabla A2 | Correcciones por temperatura para lecturas de °Brix | ..... | 76 |
| Tabla A3 | Factor de corrección azúcar invertido | . | 77 |
| Tabla A4 | Densidades de las soluciones en función °Brix y temperatura. | ..... | 78 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | | |
|------------------|--|-------|----|
| Figura 01 | Consolidación de Rendimientos de los análisis realizados | ..... | 73 |
| Figura 02 | Pesado de melaza | ..... | 73 |
| Figura 03 | Adición de betabio | ..... | 74 |
| Figura 04 | Destilación de muestra | ..... | 74 |

RESUMEN

Este presente trabajo de investigación tiene como objetivo encontrar una manera más eficaz de evaluar concentraciones y medidas exactas de parámetros, para aumentar el rendimiento de alcohol etílico, considerando como agente principal al bactericida natural Betabio. Cuyo principal objetivo es generar un mayor rendimiento de alcohol etílico y encontrar la dosis adecuada, concentración en ppm (partes por millón), de Betabio para el proceso de fermentación. Se ha estudiado las diferentes dosis de bactericida, a usar en el proceso, con el fin de evaluar el nivel de variabilidad de contaminación en el mosto. Todos los experimentos fueron realizados a escala de laboratorio, a temperatura ambiente, presión atmosférica y mediante ensayos en continuo en instalaciones de la destilería NAYLAMP E.I.R.L.-La Victoria-Chiclayo.

Esta investigación se realizó mediante los procesos y operaciones de acondicionamiento de la muestra, fermentación y destilación, posteriormente se procedió a obtener los resultados mediante cálculos realizados por las autoras. Se tuvo el mayor cuidado posible para tener datos confiables, y exactos, así que se realizó los ensayos necesarios para disminuir error.

Se determinó la dosis con mayor eficiencia de Betabio como bactericida natural, usando 6ppm de concentración de antibiótico, con un pH correspondiente de 4.5. Dándonos un rendimiento de 298.65 Lt/Tn, con lo cual obtendríamos un promedio de 298.65 Litros de alcohol/tonelada de melaza. Se concluye haciendo uso de Betabio con una concentración de 6ppm y pH 4.5, teniendo así una mayor eficiencia, es decir mayor rendimiento; considerando también el costo de adquisición del producto, ya que menor cantidad y mayor rendimiento, sería lo adecuado.

Palabras clave: Bactericida, rendimiento, Betabio.

ABSTRACT

This research aims to find a more effective way to evaluate concentrations and exact measurements of parameters, to increase the yield of alcohol and acid, as a natural bactericidal agent Betabio. Whose main objective is to generate a higher yield of alcohol and acid and to find the appropriate dose, concentration in ppm (parts per million), of Betabio for the fermentation process. The different doses of bactericide, a use in the process, have been studied in order to evaluate the level of variability of the contamination in the must. All experiments were carried out on a laboratory scale, at room temperature, atmospheric pressure and by continuous tests at NAYLAMP E.I.R.L.-La Victoria-Chiclayo distillery facilities.

This research was carried out through the processes and operations of conditioning the sample, fermentation and distillation, after which the results were obtained by means of calculations made by the authors. The greatest care was taken to have reliable, accurate data, so the necessary tests were performed to reduce any errors.

He determined the dose with the mayor of Betabio as a natural bactericide, using 6ppm of antibiotic concentration, with a corresponding pH of 4.5. Giving us a yield of 298.65 ml / kg, which would give us an average of 298.65 liters of alcohol / ton of molasses. It concludes using Betabio with a concentration of 6ppm and pH 4.5, thus having a higher efficiency, is higher yield; considering also the cost of acquiring the product, since smaller quantity and higher yield, ideally.

Key words: Bactericide, yielding, Betabio.

INTRODUCCIÓN

La producción de alcohol etílico es uno de los procesos biotecnológicos que ha tomado gran importancia en el país, no sólo por su valor económico como producto final, sino como sustrato para la obtención de otros compuestos químicos. Este alcohol, por ser obtenido a partir de uno de los sub productos de la industria azucarera, constituye la base de la industria sucroquímica y la integración de procesos químicos y biológicos complejos.

El proceso de obtención de alcohol etílico se puede realizar a partir de diversos sustratos azucarados, sin embargo, en la industria local hace uso de ‘melaza’ suministrada por ingenios azucareros de la región, a partir de ellas puede llevarse a cabo la propagación del microorganismo fermentador (*Saccharomyces cerevisiae*) y por consiguiente lograrse la obtención final de vino con un porcentaje de alcohol considerable, el cual es separado tras procesos de destilación.

Durante el proceso de fermentación es necesario y primordial controlar los factores que puedan afectar el rendimiento final del mosto. Cada etapa, reproducción y fermentación, debe ser observada y controlada cautelosamente. Las condiciones exactas necesarias para el proceso (pH, temperaturas, niveles de oxígeno, concentración de azúcares, niveles de sustratos para la levadura, etc.) deben ser lo más exactas posibles para obtener buenos resultados.

A pesar que este microorganismo no es tan exigente metabólicamente, existen factores que lo pueden afectar, tal es el caso de los contaminantes bacterianos, los cuales tienen un efecto negativo no sólo a nivel de competencia por sustrato o alimento, sino por producción de metabolitos indeseables que pueden llegar a afectar la viabilidad de la levadura y por ende de la fermentación. Debemos tener en consideración, también, el agua que se utiliza, ya que ésta puede

generar o iniciar un proceso de propagación de bacterias en el mosto, al no ser la adecuada o no haberse tratado como corresponde.

En la actualidad, la eficiencia global de plantas productoras de alcohol etílico se determina por cuán efectiva es para transformar su materia prima (melaza) en alcohol etílico durante la fermentación; siendo una de las mejores alternativas el uso del bactericida natural Betabio, que es uno de los bactericidas más usados por las destilerías, generando, un mayor rendimiento de alcohol etílico. Se usa diversos productos que tienen como finalidad mejorar el rendimiento alcohólico, afortunadamente hay algunos que se adaptan a las condiciones de la planta y del proceso, haciendo más fructífero el rendimiento.

Es así, como se busca determinar la concentración óptima de Betabio que ayude a incrementar el rendimiento de alcohol etílico que se obtiene mediante fermentación de la melaza de caña, sin generar grandes costos o pérdidas a la empresa, así como generando ganancias finales para la empresa, es decir eligiendo el mejor producto, que nos ayude a obtener mayor rendimiento y si es posible a menor cantidad.

Resultando bastante atractivo explorar este campo bajo la perspectiva y los conocimientos adquiridos en la carrera de Ing. Química, con el fin de no causar efectos no favorables en el rendimiento de alcohol etílico, ya que lo que se busca es incrementar dicho rendimiento.

Siendo el objetivo principal de esta investigación determinar la cantidad o concentración óptima de Betabio que se debe utilizar en el proceso de fermentación de la melaza de caña y poder así incrementar el rendimiento de alcohol etílico.

Obteniendo alcohol etílico de acuerdo a la demanda que se requiere y con los estándares de calidad necesarios.

CAPÍTULO I:

FUNDAMENTO TEORICO

Melaza De Caña

Es un líquido denso y viscoso, obtenido en la preparación del azúcar mediante una cristalización repetida.

Además es una mezcla compleja que contiene azúcar invertido, sales y otros compuestos solubles en álcali que normalmente están presente en el jugo de caña, así como los formados durante el proceso de manufactura del azúcar. Contiene sacarosa, glucosa, fructuosa, rafinosa y sustancias reductores no fermentables.

- Composición y características:

La composición de las melazas es muy heterogénea y puede variar considerablemente dependiendo de la variedad de caña de azúcar, suelo, clima, periodo de cultivo, eficiencia de la operación de la fábrica, sistema de ebullición del azúcar, tipo y capacidad de los evaporadores, entre otros. Por otro lado, la melaza de caña se caracteriza por tener grados Brix o sólidos disueltos de 68-85%, en algunos casos puede llegar a un 90°Brix y un pH de 5.0-6.1%.

Tratamiento Previo De La Melaza Antes De La Fermentación

Esta etapa se utiliza para la reducción del nivel de impurezas en la melaza y el aumento del rendimiento alcohólico al final del proceso.

i. Dilución

La elevada concentración de azúcares y sales presentes en las melazas no permiten que las mismas puedan pasar por el proceso de fermentación, debido a la gran presión osmótica que

generan sobre sus paredes celulares; asimismo, la melaza es altamente viscosa, y las características originales se torna difícil en estas condiciones. Por estas razones, es necesario diluir las melazas; para ello, se les agrega agua, hasta obtener diluciones de 25° Brix o menores; a valores mayores se tiene el riesgo de inicios lentos de fermentación, aumento de temperatura y contaminación bacteriana.

ADICIÓN DE NUTRIENTES.

El nitrógeno necesario en la fermentación puede ser adicionado en forma de urea, sulfato de amonio, entre otras, teniendo en cuenta que sean de bajo peso molecular pues las levaduras no generan proteasas para degradar Notas de nitrógeno orgánicas complejas. Generalmente se agregan los dos la urea y el sulfato de amonio para tratar de obtener un mejor rendimiento.

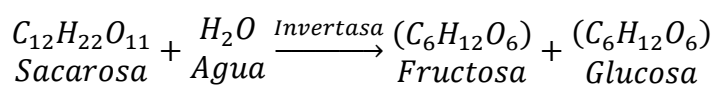
Contaminación Bacteriana De La Melaza

Gracias al tratamiento que reciben normalmente las melazas durante el proceso de cristalización en el momento de la generación de azúcar, y por la naturaleza misma de la caña, este sustrato puede contener varias formas de contaminación bacteriana, cuyo metabolismo, en términos de producción de ácidos orgánicos inhibe la actividad de *Saccharomyces cerevisiae* y por lo tanto la disminución en el rendimiento de alcohol a partir del sustrato así como también, la generación de características indeseables en el producto final (Ruckle 2005).

Pérdidas De Sacarosa

Después que ocurren los cortes en la caña, empiezan a deteriorarse las estructuras vegetales externas que las protegen, iniciándose así las pérdidas de sacarosa debido a las altas

temperaturas, reacciones químicas o acción microbiana¹. (Ravelo et al, 1991). Esta última es la causa principal de pérdidas de sacarosa, siendo el principal microorganismo causante el *Leuconostoc mesenteroides*, que descompone la glucosa en ácido acético y/o láctico, disminuye el pH, produce enzima dextranasa², la que mediante polimerización produce dextrana. A continuación se muestra la reacción:



Esta acción térmica elimina la mayoría de los microorganismos, pero ocasiona la descomposición de la sacarosa para formar compuestos poliméricos mediante la Rx. De Maillard, el cual constituye los aminoazúcares o infermentables, que perjudican el rendimiento tanto de la producción de azúcar como la de alcohol. (Mibielli & Filho 1999).

Tratamiento De La Contaminación Bacteriana

Aquí los procedimientos de limpieza y sanitización para la remoción de la contaminación bacteriana se realizan de acuerdo a las necesidades del proceso.

Actualmente, las destilerías emplean diversos procedimientos para disminuir la contaminación bacteriana, por ejemplo, la adición de agentes antimicrobianos que actúan selectivamente sobre las bacterias y no tienen efecto sobre la levadura.

¹ Se desarrollan microorganismos indeseables.

² Ocasiona la polimerización de unidades de glucosa.

En los procesos fermentativos las sustancias que más se utilizan son los antibióticos, ya que al ser agregados en la concentración adecuada ayudan a disminuir los contaminantes presentes; sin embargo, la resistencia que generan estos microorganismos tras la constante exposición a estos compuestos constituye uno de los principales problemas. (Koizumi, 2005).

Factores Que Afectan El Rendimiento Alcohólico:

Existen diversos factores por los que el rendimiento de alcohol puede verse afectado en la industria, y así pues disminuir la productividad. Dichos factores tienen que ser controlados y corregidos para evitar pérdidas y bajas económicas.

- ✓ AUMENTO DE POBLACIÓN CELULAR
- ✓ GENERACIÓN DE ALCOHOLES SUPERIORES
- ✓ GENERACIÓN DE ÁCIDOS ORGÁNICOS

Proceso De Fermentación Alcohólica

La fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico realizado por las levaduras y algunas clases de bacterias. Estos microorganismos transforman el azúcar en alcohol etílico y dióxido de carbono. La sacarosa se degrada en un ácido pirúvico. Este ácido pirúvico se convierte luego en CO₂ y etanol. Los seres humanos han aprovechado este proceso para hacer pan, cerveza, y vino. En estos tres productos se emplea el mismo microorganismo que es: la levadura común o lo *Saccharomyces cerevisiae*.

Control De Proceso

CARACTERÍSTICAS DE LA MELAZA:

El primer análisis que se hace es el control de los °Brix, este proceso se realiza de dos maneras en el laboratorio, primero con la medida de un densímetro, la cual debe dar entre 75-80 °Brix, y la otra haciendo lectura en el polarímetro.

Posteriormente esta melaza es diluida con agua blanda en un agitador primario, el cual está ubicado en el primer piso del área de destilación, dónde se diluye hasta los 17°Be, medida aproximada y correcta, ya que la melaza por su alta concentración no se puede destilar de forma directa. Luego se bombea hacia otro agitador en el tercer nivel de la planta, el cuál ayuda a la homogenización para luego distribuirlo hacia los fermentadores correspondientes por gravedad.

PROPAGACIÓN DE LEVADURA:

Es la primera fase del proceso de fermentación, el cual se realiza con la intención de aumentar la biomasa del inóculo (levadura), es así como se le brinda las condiciones óptimas para su crecimiento adecuado. Este proceso consiste en acidular y brindar los nutrientes necesarios para dar a la levadura una buena área para su propagación. La aireación y suministro de oxígeno es totalmente necesaria para la homogenización del mosto y el mezclado correcto. Se regula el pH a 5, usando Ácido Sulfúrico concentrado, el cual impedirá el crecimiento de ciertas bacterias para que no sea contaminado el medio.

FERMENTACIÓN:

Es la etapa dónde ya se une la melaza diluida con la semilla propagada de los pre-fermentadores, aquí se realiza el cambio de azúcares reductores en alcohol.

En la destilería Naylamp está formado por 9 mosteras o fermentadores de 35000 L. aproximadamente; 6 de estos tanques están hechos de fierro forjado revestido tanto interior como exterior con pintura epóxido, mientras que los 3 restantes, son de acero inoxidable.

Se observan tres etapas:

- ❖ Fase previa: Es aquella en dónde se alimenta la levadura propagada, junto con la melaza diluida la cual debe estar a 17 °Bé hasta alcanzar el nivel máximo del tanque, finalmente se suspende alimentación.
- ❖ Fase principal: Inicia desde el momento en que la alimentación es suspendida, es ahí donde los azúcares empiezan a transformarse en alcohol. Esta etapa es característica por la formación de espuma constante y la elevación de la temperatura, razón por la cual debe estar conectado con el enfriador de placas correspondiente.
- ❖ Fase final: Consiste en la muerte de la levadura, es decir el término de la actividad de la levadura, se caracteriza por presentar una lectura de °Bé=5, además del descenso de la temperatura.

Producción De Alcohol Etílico:

La fermentación del alcohol etílico es realizada por cualquier carbohidrato rico en substratos. La melaza Blackstrap contiene 35-40% de sucrosa y 15-20% de azúcares invertidos (glucosa y fructuosa). La melaza hightest contiene 21-22% de sucrosa y 50-55% de azúcares invertidos. La mayoría de las melazas Blackstrap no requieren otros nutrientes adicionales para realizar la fermentación del alcohol etílico. Sin embargo, las melazas hightest requieren cantidades considerables de sulfato de amonio y otras sales, como fosfatos.

1. BETABIO (BACTERICIDA):

Betabio, se produce a partir CO₂, se extrae del lúpulo, son destinadas a la producción de levadura o alcohol en una dosis de 5-6 ppm. Esto contiene predominantemente el beta-ácido natural, que es el principal constituyente natural del lúpulo y contienen potentes propiedades antimicrobianas.

2. ALCOHOL ETILICO:

Su nombre comercial es Alcohol Etílico Rectificado de 96°. Tiene una gran gama de usos en la industria, utilizado frecuentemente en la elaboración de bebidas alcohólicas, gracias a la fermentación de mostos de melaza, haciendo uso de la levadura *Saccharomyces Cerevisiae*, la cual convierte los azúcares reductores en alcohol. El etanol es un alcohol compuesto de carbono, hidrógeno y oxígeno que resulta de la fermentación de azúcar extraídos de la biomasa, en este caso la melaza.

3. LEVADURA:

La levadura *Saccharomyces Cerevisiae* se ha convertido en los últimos años en un organismo seleccionado para su estudio por la biología celular y la genética, los conocimientos fundamentales que se desprenden aún hoy en día permiten clarificar desde una nueva óptica la biología de este organismo y su adaptación al metabolismo fermentativo. Esta es la razón de que se hayan producido numerosos progresos en el conocimiento de la fermentación alcohólica.

CAPÍTULO II: MATERIAL Y METODOS

MATERIALES Y MÉTODOS:

4. MATERIALES:

- ❖ MUESTRA: La melaza de caña fue obtenida de la Empresa Agroindustrial Pomalca, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Luego se trasladó al Laboratorio de Físico-Química de la Destilería Naylamp E.I.R.L en donde se efectuó el proceso de fermentación. Las cantidades respectivas para el proceso de fermentación fueron de 169.65gr., en cada una de las muestras.
- ❖ MATERIAL DE ORIGEN BIOLÓGICO: Levadura *Saccharomyces cerevisiae*, esta levadura es especial que se utiliza en la destilería Naylamp E.I.R.L., mejora la propagación de levaduras, es decir incentiva a una mejor propagación, además de los nutrientes que se agregan para tal fin, con esto se obtiene buenos rendimientos de alcohol.

5. EQUIPOS:

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Equipo de destilación
- ✓ Equipo de titulación
- ✓ Incubadora
- ✓ Estufa
- ✓ Congeladora
- ✓ Polarímetro

6. REACTIVOS:

- ✓ Agua destilada
- ✓ Ácido sulfúrico 98%
- ✓ Bactericida BETABIO
- ✓ Levadura en cultivo
- ✓ Indicador azul de metileno 1%
- ✓ Sub Acetato de plomo
- ✓ Zinc en polvo
- ✓ Fehling A
- ✓ Fehling B
- ✓ Cloruro de Sodio 3.96N
- ✓ Ácido clorhídrico 6.34N

7. MÉTODOS:

Preparación De La Muestra Para Análisis Químicos:

Se eligió una muestra de melaza a evaluar, procedente de la Empresa Agroindustrial Pomalca, separada en planta de alcohol, aproximadamente 20 litros en total.

La melaza fue recepcionada e inmediatamente cubierta lo más herméticamente posible en un balde de plástico con tapa, siendo éste el más adecuado para la recolección de melaza, y así evitar la contaminación, dicho depósito fue almacenado en el laboratorio bajo sombra, alejado de contaminación y contacto extraño, hasta su uso en la experimentación. Se tuvo cuidado en no

mezclar esta muestra con otras que se necesita en el laboratorio, es por eso que se rotuló el balde e indicó de 'No usar'.

La primera etapa de esta investigación es determinar las principales características de la melaza a usar, tales como: densidad, azúcares reductores, azúcares fermentecibles, etc. Para lo cual se realizaron pruebas analíticas con sumo cuidado y exactitud, ya que los resultados partirán de datos iniciales que se registren, dichas experimentaciones se realizaron en la Destilería Naylamp E.I.R.L.

Para empezar a realizar los análisis es necesario diluir la melaza en proporción 1:1, por lo que pesamos 200g de melaza y 200 ml. De agua y se diluye por un promedio de 30 minutos (agitación constante a temperatura ambiente), para luego realizar los siguientes análisis:

ANÁLISIS DE BRIX

Procedimiento:

- ✓ De la dilución anterior (200 g de melaza con 200 ml de gua), se extrae una muestra en un depósito adecuado.
- ✓ Colocar en la unidad óptica del refractómetro, la cantidad de muestra necesaria.
- ✓ Leer el brix indicado y anotar el resultado.

Cálculos:

$$\text{Brix} = \text{Factor de dilución} \times [\text{Lectura Brix} + (\text{Temperatura} - 20) \times 0.03]$$

$$\text{Brix} = 2 \times [41.5 + (24.9 - 20) \times 0.03] = \mathbf{83.294}$$

ANÁLISIS DE SACAROSA EN MELAZA (ANÁLISIS CLERGET)

Procedimiento:

- ✓ Pesar 52 g de melaza diluida de la muestra madre.
- ✓ Llevar esta muestra a un balón de 200 ml y añadir en poca cantidad de agua para que toda la melaza diluida pase el botón completamente y enrasar.
- ✓ Añadir 5 g. de subacetato de plomo y agitar constantemente.
- ✓ Filtrar la solución.
- ✓ De la solución filtrada se toma 50 ml. y se pone en un balón de 100 ml para análisis directo y 50 ml. más en otro balón, para el análisis inverso.
- ✓ Análisis directo: Se añade a los 50 ml. de solución filtrada 10 ml. de cloruro de sodio 3.96 N y dejar reposar por 2 horas.
- ✓ Análisis inverso: A los 50 ml de solución filtrada, se añade 2 ml de ácido clorhídrico 6.34 N, llevar esto a baño Maria (69°C) por 15 minutos, donde esta solución sale a 65°C aproximadamente. Inmediatamente añadir 10 ml de ácido 6.34N y dejar reposar de 1.5 a 2 horas hasta su enfriamiento. (El ácido permite invertir la solución).
- ✓ Transcurrido el tiempo de reposo. La solución es anaranjada y la Inversa es rojizo.
- ✓ Enrasar ambos a 100 ml. con agua destilada.
- ✓ Clarificar (para una buena clarificación se añade una capita de zinc en polvo (1g).
Directa: Color verde caña e Inversa: color plomo.
- ✓ Filtrar las soluciones siendo el filtrado Directa e Inversa de color anaranjado.
- ✓ Polarizar las soluciones en el polarímetro y medir la temperatura.

$$\%Sacarosa = \frac{Lectura\ Total \times 100}{Lectura\ del\ Divisor - f_{corrección\ melaza}}$$

$$\begin{aligned} * Lectura\ Total &= (LD + LI) \times F_{dilución} \times 2 \\ &= (7.8 + 4) \times 2 \times 2 = \mathbf{47.2} \end{aligned}$$

$$\%Sacarosa = \frac{47.2 \times 100}{132.08 - 1.01} = \mathbf{36.011\%}$$

ANÁLISIS DE AZÚCARES REDUCTORES

Procedimiento:

- ✓ Pesar 6 g de melaza diluida en una cápsula de níquel
- ✓ Traspasar la muestra de un balón de boca ancha de 200 ml, siempre ayudado con un poco de agua destilada.
- ✓ Añadir 8 g. de subacetato de plomo con el fin de clarificar la muestra.
- ✓ Enrasar a 200 ml., y agitar para mezclar por completo.
- ✓ Filtrar y tomar el filtrado y trasvasarlo a una bureta para titulación.
- ✓ Seguidamente tomar 2 matraces de 250 ml. Cada uno.
- ✓ Añadir en cada uno de los matraces 5 ml. De solución Fehling A.
- ✓ Luego añadir 5 ml. De solución B a cada matraz. La mezcla de ambas soluciones se colorea de azul.
- ✓ Titular con la solución filtrada, para lo cual es conveniente tomar uno de los matraces que servirá como prueba para la titulación verdadera.

- ✓ Calentar la mezcla de las soluciones Fehling A y Fehling B del matraz 1.
- ✓ Hervir esta solución.

C.1 Datos:

Gasto de titulación: 15ml

Factor de corrección: 50.5

$$\%Az.Red = \frac{f_{correcc.Az.Red} \times Volumen\ total\ de\ fehling}{Gasto\ de\ titulación \times 1.5}$$

$$\%Az.Red = \frac{(50.5 \times 10)}{15 \times 1.5} = 16.83$$

El “f corrección” se encuentra con ayuda del anexo Tabla A.3

Descripción Del Proceso Experimental:

Para empezar con la experimentación que determinará el mayor porcentaje de alcohol obtenible de una cepa de levadura de fábrica, obteniendo el mayor rendimiento de alcohol etílico, se debe preparar la levadura industrial desde instalaciones del laboratorio, se utilizó agua de proceso, con los parámetros de proceso a escala de laboratorio. Se acondicionó la melaza, se diluyó en depósitos apropiados para el procedimiento. Posteriormente se realizó pruebas de fermentación a nivel laboratorio, a pequeña escala con mostos de melaza a diferentes medidas de pH, junto con concentraciones de bactericida específicas para cada muestra.

❖ Preparación del inóculo:

Debemos tener en cuenta el medio donde crecerá el microorganismo para su adecuado desarrollo y propagación, además de tener bastante cuidado en la adición de nutrientes que necesita para aumentar y tener una mejor eficiencia de producción de alcohol etílico referente a los azúcares. El pH, la temperatura y la presencia de oxígeno son los parámetros ambientales más importantes cuando se pretende utilizar un microorganismo industrialmente, es por eso que se estabiliza la cantidad de ácido correspondiente en la propagación, se deja reposar las muestras en lugares donde no haya variaciones de temperatura y esté a presión atmosférica.

La preparación de un inóculo implica el desarrollo de una población de microorganismos desde su estado de conservación hasta obtener una suspensión de microorganismos viables y aptos para reproducirse y producir metabolitos a escala de laboratorio. La técnica de cultivos de la levadura empleada en la fermentación para la producción de alcohol empieza con la preparación de la cepa de levadura en medios de cultivo en las respectivas placas Petri, y luego se replica en un medio llamado 'reactivación'.

Para el desarrollo del cultivo preservado se reactiva en medio líquido o en medio sólido. Según el método de preservación se requerirá tiempo para la recuperación del cultivo. Sucesivamente se irá incrementando el volumen del recipiente de cultivo, para conseguir la velocidad de crecimiento adecuada, es vital ir incrementando el volumen para que a escala industrial se alcancen los resultados óptimos. Si el número de células no es el adecuado, la producción no será óptima. Además, si crece en condiciones diferentes a como crecerá después (industrialmente), existirá una fase de latencia en el fermentador, reduciendo la rentabilidad.

Para que se efectúe este proceso de reactivación se alimenta a la levadura con nutrientes tales como: Extracto de levadura, fosfato de potasio, sulfato de amonio, peptona, sulfato de magnesio, maltosa, cloruro de potasio. La primera etapa es la siembra de la cepa de levadura en las placas Petri con agar saboraud por el método de estría de superficie.

Se incuba por 48 horas a un aproximado de 30°C. Posteriormente se realiza el proceso de propagación, con melaza diluida y a un °Brix específico.

Proceso De Fermentación:

Las fermentaciones se harán de 15 por experimentación, diferenciándose en la concentración del bactericida y pH, los cuáles son: 4ppm, 6 ppm y 8ppm; en pH son: 4.5; 5; 5.5. Para lo cual se desarrollaron los siguientes pasos:

❖ Peso de melaza:

Este proceso se realizó en base a los pesos de melaza necesarios para obtener los °Brix requeridos, estos pesos se determinaron teniendo en cuenta la siguiente fórmula:

$$Gr\ Melaza = Vol.\ de\ mosto \times \frac{^{\circ}Brix_{Requeridos}}{^{\circ}Brix_{Totales}} \times Densidad_{^{\circ}Bx\ requeridos}$$

De acuerdo a cálculos anteriormente realizados, se determinó en pesar la cantidad de 169.65 gr de melaza de Pomalca para la experimentación, se consideró una balanza analítica y anteriormente calibrada para tener el menor error posible.

❖ Dilución de melaza:

Añadir la cantidad necesaria para diluir la melaza, hasta completar cierta cantidad específica. Se recomienda utilizar agua de proceso, es decir, la misma que se utiliza en la planta, para simular lo más pronto posible a las características de proceso. Dilución 1/2.

❖ Adición del inóculo:

Se tomó un depósito de 1Lt. Y se agregó la melaza diluida y el inóculo.

❖ Adicionamiento de bactericida y ácido:

Posteriormente se agrega Betabio, de acuerdo a la concentración adecuada y determinada para cada muestra. Se le agrega el ácido sulfúrico de acuerdo al pH especificado.

❖ Incubamiento por 4 días:

Posteriormente se lleva a la etapa de fermentación, durante 96 horas, que es el tiempo adecuado promedio para el proceso de fermentación, simulando las destilerías en la región y de acuerdo a la cantidad aproximadamente de azúcares que contiene, de acuerdo al análisis de lectura de °Brix.

❖ Destilación:

Se separa 250 ml de muestra que ya fermentó, juntó con 250 ml de agua, se tiene en cuenta que el equipo de destilación debe estar armado.

Posteriormente, se destila la muestra con llama adecuada y constante y estar pendiente del agua de refrigeración del equipo de condensación. Recibir en un vaso de precipitación 250 ml.

❖ Análisis del destilado:

La muestra de destilado se lleva a la refrigeradora con el fin de enfriar hasta una temperatura de 15°C. Se mide el grado alcohólico con ayuda de un alcoholímetro en una probeta, leer y anotar el °GL (%OH).

Todas las muestras se analizan de la misma manera.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Resultados de los análisis realizados a la melaza:

La Tabla 01 se muestra los controles físicos y químicos iniciales de la melaza usada en destilería Naylamp E.I.R.L. manteniendo el orden establecido.

Tabla 01

Resultados de los análisis realizados a la melaza en el laboratorio, características físicas; se toma éstos resultados para los posteriores cálculos del proyecto.

| | |
|-----------------------------------|----------------|
| °Bx Original | 83 ,294 |
| % Sacarosa | 36.01% |
| Pureza Aparente | 37.46 |
| % AR | 16.83% |
| %ART | 51.76% |
| Pureza Real | 43.3 |
| Azúcares totales | 52.84 % |
| Pureza Total | 63.44 % |
| Volumen teórico de alcohol | 60.05 ml |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

Presentación de los resultados:

En este presente capítulo se presenta los datos obtenidos mediante las diversas experimentaciones realizadas en el laboratorio. Se realizaron 45 ensayos a cierta concentración y pH, con la finalidad de obtener mayor confiabilidad de los resultados.

La Tabla 02 muestra las combinaciones de concentración y pH en la muestra, cada una, de acuerdo al número establecido, tendrá las características descritas.

Tabla 02

Presentación de datos de concentración y pH en los tres grupos de muestra para la fermentación y posteriormente la destilación. Se muestra las tres cantidades a evaluar 4ppm, 6ppm y 8ppm; mientras que en Ph: 4.5, 5.0, 5.5. Las cantidades se evaluarán en grupos de 3 muestras.

| Nº de muestra | Concentración de Betabio | pH |
|---------------|--------------------------|-----|
| 01 | 4 | 4.5 |
| 02 | 6 | 5 |
| 03 | 8 | 5.5 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

8. PRIMER ENSAYO:

La Tabla 03 une las características del primer grupo de muestras en la experimentación, uniendo la concentración de Betabio de 4ppm junto con el pH de 4.5.

Tabla 03

Datos generales de las condiciones iniciales del mosto. Primer grupo de muestras. Combinación de concentración y pH en mosto para la fermentación y obtención de alcohol etílico. Primer grupo de concentración 4ppm, y un pH de 4.5. Se evaluará en grupos de 3 ensayos y se analizará de acuerdo al estudio estadístico.

| Nº de muestra | Concentración de Betabio | pH |
|---------------|--------------------------|-----|
| 01 | 4 | 4.5 |
| 02 | 4 | 4.5 |
| 03 | 4 | 4.5 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

La Tabla 04 es el consolidado de resultados del primer grupo de experimentación con las características de concentración de 4ppm y un pH de 4.5.

Tabla 04

Nos muestra el rendimiento obtenido a partir del porcentaje de alcohol que se obtuvo de la fermentación del grupo de muestras con concentración de betabio de 4ppm y un pH de 4.5. Dichos resultados se evaluarán en el estudio estadístico.

| Muestra | %Alcohol Producido | Volumen alcohol producido(ml) | Rendimiento(Lt/Tn de melaza) |
|----------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 1 | 10 | 50 | 294.72 |
| 2 | 10.1 | 51 | 297.67 |
| 3 | 9.8 | 49 | 288.83 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

9. SEGUNDO ENSAYO:

La Tabla 05 une las características del segundo grupo de muestras en la experimentación, uniendo la concentración de Betabio de 6ppm junto con el pH de 4.5.

Tabla 05

Datos generales de las condiciones iniciales del mosto. Segundo grupo de muestras. Combinación de concentración y pH en mosto para la fermentación y obtención de alcohol etílico. Primer grupo de concentración 6ppm, y un pH de 4.5. Se evaluará en grupos de 3 ensayos y se analizara de acuerdo al estudio estadístico.

| Nº de muestra | Concentración de | |
|---------------|------------------|-----|
| | Betabio | pH |
| 01 | 6 | 4.5 |
| 02 | 6 | 4.5 |
| 03 | 6 | 4.5 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

La Tabla 06 es el consolidado de resultados del segundo grupo de experimentación con las características de concentración de 6ppm y un pH de 4.5.

Tabla 06

Nos muestra el rendimiento obtenido a partir del porcentaje de alcohol que se obtuvo de la fermentación del grupo de muestras con concentración de betabio de 6ppm y un pH de 4.5. Dichos resultados se evaluarán en el estudio estadístico.

| Muestra | %Alcohol Producido | Volumen alcohol producido(ml) | Rendimiento(Lt/Tn de melaza) |
|----------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 1 | 10.3 | 51 | 303.57 |
| 2 | 10.1 | 50 | 297.67 |
| 3 | 10 | 50 | 294.72 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

10. TERCER ENSAYO:

La Tabla 07 une las características del tercer grupo de muestras en la experimentación, uniendo la concentración de Betabio de 8ppm junto con el pH de 4.5.

Tabla 07

Datos generales de las condiciones iniciales del mosto. Tercer grupo de muestras. Combinación de concentración y pH en mosto para la fermentación y obtención de alcohol etílico. Primer grupo de concentración 8ppm, y un pH de 4.5. Se evaluará en grupos de 3 ensayos y se analizara de acuerdo al estudio estadístico.

| N° de muestra | Concentración de | |
|---------------|------------------|-----|
| | Betabio | pH |
| 01 | 8 | 4.5 |
| 02 | 8 | 4.5 |
| 03 | 8 | 4.5 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

La Tabla 08 es el consolidado de resultados del tercer grupo de experimentación con las características de concentración de 8ppm y un pH de 4.5.

Tabla 08

Nos muestra el rendimiento obtenido a partir del porcentaje de alcohol que se obtuvo de la fermentación del grupo de muestras con concentración de betabio de 8ppm y un pH de 4.5. Dichos resultados se evaluarán en el estudio estadístico.

| Muestra | %Alcohol Producido | Volumen alcohol producido(ml) | Rendimiento(Lt/Tn de melaza) |
|----------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 1 | 10.2 | 49 | 300.62 |
| 4 | 10 | 50 | 294.72 |
| 5 | 9.8 | 49 | 288.83 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

11. CUARTO ENSAYO:

La Tabla 09 menciona las características del cuarto grupo de muestras en la experimentación, uniendo la concentración de Betabio de 4ppm junto con el pH de 5.0.

Tabla 09

Datos generales de las condiciones iniciales del mosto. Cuarto grupo de muestras. Combinación de concentración y pH en mosto para la fermentación y obtención de alcohol etílico. Primer grupo de concentración 4ppm, y un pH de 5.0. Se evaluará en grupos de 3 ensayos y se analizara de acuerdo al estudio estadístico.

| Nº de muestra | Concentración de | |
|---------------|------------------|----|
| | Betabio | pH |
| 01 | 4 | 5 |
| 02 | 4 | 5 |
| 03 | 4 | 5 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

La Tabla 10 es el consolidado de resultados del cuarto grupo de experimentación con las características de concentración de 4ppm y un pH de 5.0.

Tabla 10

Nos muestra el rendimiento obtenido a partir del porcentaje de alcohol que se obtuvo de la fermentación del grupo de muestras con concentración de betabio de 4ppm y un pH de 5. Dichos resultados se evaluarán en el estudio estadístico.

| Muestra | %Alcohol Producido | Volumen alcohol producido(ml) | Rendimiento(Lt/Tn de melaza) |
|----------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 10 | 50 | 294.72 |
| 2 | 9.8 | 49 | 288.83 |
| 3 | 9.7 | 48 | 285.88 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

12. QUINTO ENSAYO:

La Tabla 11 menciona las características del quinto grupo de muestras en la experimentación, uniéndolo la concentración de Betabio de 6ppm junto con el pH de 5.0.

Tabla 11

Datos generales de las condiciones iniciales del mosto. Quinto grupo de muestras. Combinación de concentración y pH en mosto para la fermentación y obtención de alcohol etílico. Primer grupo de concentración 6ppm, y un pH de 5.0. Se evaluará en grupos de 3 ensayos y se analizará de acuerdo al estudio estadístico.

| Nº de muestra | Concentración de Betabio | pH |
|---------------|--------------------------|----|
| 01 | 6 | 5 |
| 02 | 6 | 5 |
| 03 | 6 | 5 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

La Tabla 12 es el consolidado de resultados del quinto grupo de experimentación con las características de concentración de 6ppm y un pH de 5.0.

Tabla 12

Nos muestra el rendimiento obtenido a partir del porcentaje de alcohol obtenido a partir de la fermentación del grupo de muestras con concentración de betabio de 6ppm y un pH de 5. Dichos resultados se evaluarán en el estudio estadístico.

| Muestra | %Alcohol Producido | Volumen alcohol producido(ml) | Rendimiento(Lt/Tn de melaza) |
|----------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 10.1 | 51 | 297.67 |
| 2 | 10 | 51 | 294.72 |
| 3 | 9.8 | 49 | 288.83 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

13. SEXTO ENSAYO:

La Tabla 13 menciona las características del sexto grupo de muestras en la experimentación, uniendo la concentración de Betabio de 8ppm junto con el pH de 5.0.

Tabla 13

Datos generales de las condiciones iniciales del mosto. Combinación de concentración y pH en mosto para la fermentación y obtención de alcohol etílico. Primer grupo de concentración 8ppm, y un pH de 5.0. Se evaluará en grupos de 3 ensayos y se analizará de acuerdo al estudio estadístico.

| Nº de muestra | Concentración de | |
|---------------|------------------|----|
| | Betabio | pH |
| 01 | 8 | 5 |
| 02 | 8 | 5 |
| 03 | 8 | 5 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

La Tabla 14 es el consolidado de resultados del sexto grupo de experimentación con las características de concentración de 8ppm y un pH de 5.0.

Tabla 14

Nos muestra el rendimiento obtenido a partir del porcentaje de alcohol que se obtuvo de la fermentación del grupo de muestras con concentración de betabio de 8ppm y un pH de 5. Dichos resultados se evaluarán en el estudio estadístico.

| Muestra | %Alcohol Producido | Volumen alcohol producido(ml) | Rendimiento(Lt/Tn de melaza) |
|----------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 10 | 51 | 294.72 |
| 2 | 9.6 | 49 | 282.94 |
| 3 | 9.8 | 45 | 288.83 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

14. SÉPTIMO ENSAYO:

La Tabla 15 menciona las características del séptimo grupo de muestras en la experimentación, uniendo la concentración de Betabio de 4ppm junto con el pH de 5.5.

Tabla 15

Datos generales de las condiciones iniciales del mosto. Combinación de concentración y pH en mosto para la fermentación y obtención de alcohol etílico. Primer grupo de concentración 4ppm, y un pH de 5.5. Se evaluará en grupos de 3 ensayos y se analizará de acuerdo al estudio estadístico.

| N° de muestra | Concentración de | |
|---------------|------------------|-----|
| | Betabio | pH |
| 01 | 4 | 5.5 |
| 02 | 4 | 5.5 |
| 03 | 4 | 5.5 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

La Tabla 16 es el consolidado de resultados del séptimo grupo de experimentación con las características de concentración de 4ppm y un pH de 5.5.

Tabla 16

Nos muestra el rendimiento obtenido a partir del porcentaje de alcohol obtenido a partir de la fermentación del grupo de muestras con concentración de betabio de 4ppm y un pH de 5.5. Dichos resultados se evaluarán en el estudio estadístico.

| Muestra | %Alcohol Producido | Volumen alcohol producido(ml) | Rendimiento(Lt/Tn de melaza) |
|---------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 9.4 | 47 | 277.04 |
| 2 | 9.2 | 46 | 259.36 |
| 3 | 8.8 | 44 | 271.15 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

15. OCTAVO ENSAYO:

La Tabla 17 menciona las características del octavo grupo de muestras en la experimentación, uniendo la concentración de Betabio de 6ppm junto con el pH de 5.5.

Tabla 17

Datos generales de las condiciones iniciales del mosto. Combinación de concentración y pH en mosto para la fermentación y obtención de alcohol etílico. Primer grupo de concentración 6ppm, y un pH de 5.5. Se evaluará en grupos de 3 ensayos y se analizará de acuerdo al estudio estadístico.

| Nº de muestra | Concentración de | |
|---------------|------------------|-----|
| | Betabio | pH |
| 1 | 6 | 5.5 |
| 2 | 6 | 5.5 |
| 3 | 6 | 5.5 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

La Tabla 18 es el consolidado de resultados del octavo grupo de experimentación con las características de concentración de 6ppm y un pH de 5.5.

Tabla 18

Nos muestra el rendimiento obtenido a partir del porcentaje de alcohol obtenido a partir de la fermentación del grupo de muestras con concentración de betabio de 6ppm y un pH de 5.5. Dichos resultados se evaluarán en el estudio estadístico.

| Muestra | %Alcohol Producido | Volumen alcohol producido(ml) | Rendimiento(Lt/Tn de melaza) |
|----------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 9.6 | 52 | 282.94 |
| 2 | 9.4 | 45 | 277.04 |
| 3 | 9.2 | 46 | 271.15 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

16. NOVENO ENSAYO:

La Tabla 19 menciona las características del noveno grupo de muestras en la experimentación, uniendo la concentración de Betabio de 8ppm junto con el pH de 5.5.

Tabla 19

Datos generales de las condiciones iniciales del mosto. Combinación de concentración y pH en mosto para la fermentación y obtención de alcohol etílico. Primer grupo de concentración 8ppm, y un pH de 5.5. Se evaluará en grupos de 3 ensayos y se analizará de acuerdo al estudio estadístico.

| Nº de muestra | Concentración de | |
|---------------|------------------|-----|
| | Betabio | pH |
| 1 | 8 | 5.5 |
| 2 | 8 | 5.5 |
| 3 | 8 | 5.5 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

La Tabla 20 es el consolidado de resultados del noveno grupo de experimentación con las características de concentración de 8ppm y un pH de 5.5.

Tabla 20

Nos muestra el rendimiento obtenido a partir del porcentaje de alcohol obtenido a partir de la fermentación del grupo de muestras con concentración de betabio de 8ppm y un pH de 5.5. Dichos resultados se evaluarán en el estudio estadístico.

| Muestra | %Alcohol Producido | Volumen alcohol producido(ml) | Rendimiento(Lt/Tn de melaza) |
|----------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 9.6 | 52 | 282.94 |
| 2 | 9.5 | 45 | 279.99 |
| 3 | 9.2 | 45 | 271.15 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Promedio de rendimiento de alcohol etílico para la primera concentración de Betabio a un pH constante:

A una concentración de 4ppm de Betabio, para un pH de 4.5, se obtuvo un promedio de 293.74 Lts alcohol etílico/Tn de melaza; un mínimo y un máximo de 288.83 y 297.67 litros de alcohol etílico/Tn de melaza, respectivamente.

A una concentración de 6ppm de Betabio, para un pH de 4.5, se obtuvo un promedio de 298.65 Lts alcohol etílico/Tn de melaza; un mínimo y un máximo de 294.72 y 303.57 litros de alcohol etílico/Tn de melaza, respectivamente.

A una concentración de 8ppm de Betabio, para un pH de 4.5, se obtuvo un promedio de 294.72 Lts alcohol etílico/Tn de melaza; un mínimo y un máximo de 288.83 y 294.72 litros de alcohol etílico/Tn de melaza, respectivamente.

A una concentración de 4ppm de Betabio, para un pH de 5.0, se obtuvo un promedio de 289.81 Lts alcohol etílico/Tn de melaza; un mínimo y un máximo de 285.88 y 294.72 litros de alcohol etílico/Tn de melaza, respectivamente.

A una concentración de 6ppm de Betabio, para un pH de 5.0, se obtuvo un promedio de 293.74 Lts alcohol etílico/Tn de melaza; un mínimo y un máximo de 288.83 y 297.67 litros de alcohol etílico/Tn de melaza, respectivamente.

A una concentración de 8ppm de Betabio, para un pH de 5.0, se obtuvo un promedio de 288.83lts alcohol etílico/Tn de melaza; un mínimo y un máximo de 282.94 y 294.72 litros de alcohol etílico/Tn de melaza, respectivamente.

A una concentración de 4ppm de Betabio, para un pH de 5.5, se obtuvo un promedio de 269.18 Lts alcohol etílico/Tn de melaza; un mínimo y un máximo de 259.36 y 277.04 litros de alcohol etílico/Tn de melaza, respectivamente.

A una concentración de 6ppm de Betabio, para un pH de 5.5, se obtuvo un promedio de 277.04 Lts alcohol etílico/Tn de melaza; un mínimo y un máximo de 271.15 y 282.94 litros de alcohol etílico/Tn de melaza, respectivamente.

A una concentración de 8ppm de Betabio, para un pH de 5.5, se obtuvo un promedio de 278.02 Lts alcohol etílico/Tn de melaza; un mínimo y un máximo de 271.15 y 282.94 litros de alcohol etílico/Tn de melaza, respectivamente.

La Tabla 21 Se muestra el rendimiento obtenido de la experimentación manteniendo el orden establecido por el método estadístico que se empleó, además de las combinaciones de las variables dadas por el mismo

Tabla 21

Promedio de Rendimientos de alcohol etílico/Tn de melaza de acuerdo a la concentración y pH constante en las muestras analizadas

| Cc. Betabio | 4ppm | | | 6ppm | | | 8ppm | | |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| pH | 4.5 | 5 | 5.5 | 4.5 | 5 | 5.5 | 4.5 | 5 | 5.5 |
| PROMEDIO | 293.74 | 289.81 | 269.18 | 298.65 | 293.74 | 277.04 | 294.72 | 288.83 | 278.02 |
| MIN | 288.83 | 285.88 | 259.36 | 294.72 | 288.83 | 271.15 | 288.83 | 282.94 | 271.15 |
| MAX | 297.67 | 294.72 | 277.04 | 303.57 | 297.67 | 282.94 | 294.72 | 294.72 | 282.94 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

La figura 1 consolida los resultados de rendimientos de los análisis realizados durante la experimentación en el proyecto de investigación.

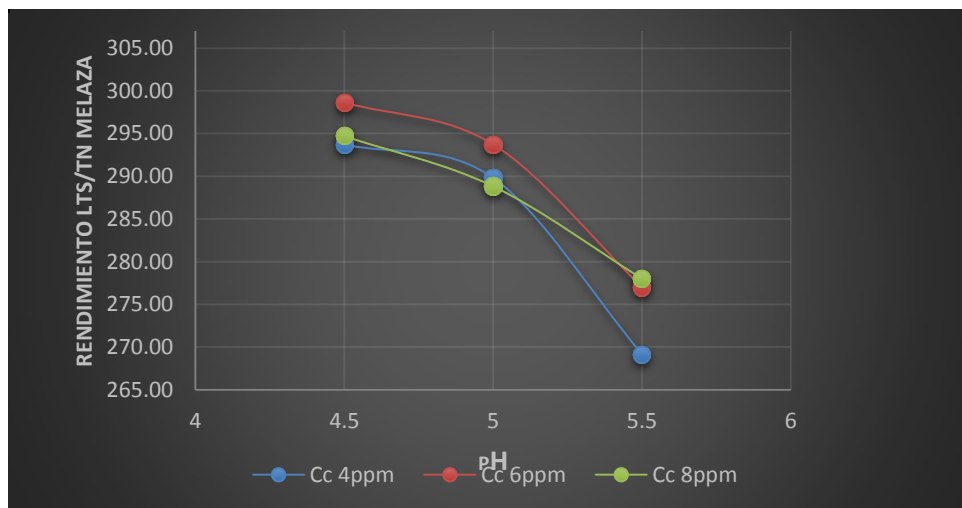


Figura 1: Muestra el gráfico de Líneas de Promedios del Rendimiento de Etanol Según Concentraciones de Betabio y pH de todas las muestras realizadas.

INTERPRETACIÓN:

En la Figura 21 Se puede observar el comportamiento de los rendimientos de alcohol para cada muestra según la concentración de Betabio (ppm) y el pH para la experimentación. Se observa que el mayor rendimiento se obtuvo con una concentración de 6ppm de Betabio a un pH de 4.5, dando un rendimiento de 298.65 Lts de alcohol etílico/Tn de melaza.

ANÁLISIS DE DISEÑO FACTORIAL CON DOS VALORES:

Para determinar si hay un efecto significativo en los rendimientos alcohólicos a diferentes concentraciones de Betabio (ppm) y pH, se utilizó el Diseño Factorial con dos factores, cuyos resultados se encuentran en la Tabla N° 22. Para lo cual se han planteado 3 hipótesis nulas, cada una con su correspondiente hipótesis alternativa.

| | | | | | |
|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|
| H_0 = | Efecto A = 0 | H_0 = | Efecto A = 0 | H_0 = | Efecto A = 0 |
| H_A = | Efecto A \neq 0 | H_A = | Efecto A \neq 0 | H_A = | Efecto A \neq 0 |

La tabla 22 muestra la estructura de análisis de diseño factorial con dos factores, la cual es base para el estudio estadístico posterior.

Tabla 22

Análisis (ANOVA) De Diseño Factorial Con Dos Factores, consolidado del análisis estadístico.

| VARIABILIDAD | SC | GL | CM | F0 | VALOR r-p |
|--------------|-------|------------|------|----------|------------------|
| EFFECTO A | SCA | a-1 | CMA | CMA/CME | $p(F > F_{0A})$ |
| EFFECTO B | SCB | b-1 | CMB | CMB/CME | $p(F > F_{0B})$ |
| EFFECTO AB | SC AB | (a-1)(b-1) | CMAB | CMAB/CME | $p(F > F_{0AB})$ |
| ERROR | SCE | ab(n-1) | CME | | |
| TOTAL | SCT | abn-1 | | | |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

Al efecto cuyo valor-p sea menor al valor especificado para α , se declara estadísticamente significativo o se dice que está activo.

La Tabla 23 nos muestra al consolidado de los resultados obtenidos del análisis estadístico de las muestras realizadas en las experimentaciones.

Tabla 23

Análisis (ANOVA) de Diseño Factorial para Determinar El Efecto de la Concentración del Betabio y pH, para El Rendimiento de Alcohol Etílico A Partir de la Melaza.

| VARIABILIDAD | SC | GL | CM | F | F° | CONCLUSION |
|--------------|-----------|----|----------|-------|------|------------------|
| SCA | 139.6234 | 2 | 69.8117 | 2.067 | 3.55 | A H ₀ |
| SCB | 2162.554 | 2 | 1081.277 | 32.01 | 3.55 | R H ₀ |
| SC AB | 82.3585 | 4 | 20.5896 | 0.609 | 2.93 | A H ₀ |
| ERROR | 608.03374 | 18 | 33.7799 | | | |
| SCT | 2992.574 | 26 | 115.099 | | | |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

INTERPRETACIÓN:

En la tabla N° 3.23, se observa el análisis de Diseño factorial con dos factores, en donde al analizar se visualizó que para dos de los efectos (SCA y SCAB) con un $\alpha = 0.05$ se aceptan las hipótesis nulas $F > F_0$, mientras que para el otro (SCB) se rechaza la hipótesis nula $F < F_0$, por lo tanto se concluye que los dos efectos A: concentración de Betabio (ppm), B: pH de la muestra, A no influye significativamente en el promedio de rendimiento de alcohol etílico, mientras que B lo hace.

CONCLUSIONES

- ✓ Bajo las condiciones en que se ha realizado el presente trabajo de investigación, teniendo en cuenta sus ventajas y limitaciones, se concluye el resultado en litros de alcohol etílico/TM de melaza de caña:
- ✓ La concentración óptima de Betabio (ppm) para obtener el máximo rendimiento alcohol etílico es de 6 ppm.
- ✓ De los 3 pH evaluados encontramos que, el mejor efecto de pH óptimo para llevar a cabo la fermentación es de 4.5, ya que nos permite obtener el máximo rendimiento de alcohol etílico.
- ✓ El máximo rendimiento en la producción de alcohol etílico es de 298.65 Lts/TM de melaza, gracias al bactericida natural agregado en cierta concentración.
- ✓ El proceso de fermentación en laboratorio nos proporciona resultados confiables, siempre y cuando seamos lo más cercanos a las condiciones de planta.

RECOMENDACIONES

- ✓ En la fermentación alcohólica a partir de melaza de caña es necesario disminuir principalmente la población contaminante inicial, pues a partir de esta es que se incrementan los niveles a lo largo del proceso ya que las condiciones del mismo son favorables no solo para la levadura sino para bacterias ácido lácticas; para lograr esta disminución.
- ✓ Es necesario establecer la cantidad exacta de Ácido sulfúrico y la menor, que se usa en el proceso, ya que hoy en día este insumo químico es considerado un bien fiscalizado, por lo tanto es controlado por la DIRANDRO y si se usa en grandes cantidades, la posibilidad de tener muchos inconvenientes aumenta.
- ✓ El material de trabajo debe estar aseado; ya que de alguna manera se podría contaminar con algún residuo o desecho; el cual puede dañar el proceso de fermentación de la melaza.
- ✓ Se debe separar la melaza de la espuma formada en el recipiente. A la vez se recomienda añadir las cantidades exactas de levadura para que se logre la fermentación.
- ✓ Mantener una buena oxigenación en el proceso de fermentación para que las levaduras tengan un crecimiento adecuado. En la destilería Naylamp E.I.R.L. la cantidad de oxígeno que hacen contacto con la levadura es poca, o mínima, es necesario una mayor oxigenación.
- ✓ Se recomienda tener los pesos exactos de la melaza para obtener los resultados correspondientes a través del cálculo de los gramos de levadura que se van añadir.
- ✓ Debemos tener los parámetros establecidos, antes de la experimentación, ya que nos ayuda a la organización de datos, muestras y cálculos; para poder tener datos confiables y certeros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbas, C.A. and M. Cheryan. 2002. Emerging biorefinery opportunities. Appl. Biochem. Biotech 98-100:1147.

B. N. Stabnikov, I. M. Roiter, T. B. Prostok. Alcohol etílico. Manual. Editora Industria Alimentaria. Moscú. 1976. pp. 68-252.

Bon, E.P.S. and S. Picataggio. 2002. Enzyme and microbial biocatalysts. Appl. Biochem. Biotech. 98-100:163.

Calderón, N. (2007). Trabajo de grado. Evaluación del uso de antibióticos como mecanismo para el control de contaminantes bacterianos en la fermentación para la producción de alcohol etílico. Bogotá.

Cho, K.M. and Y.J. Yoo. 1999. Novel SSF process for ethanol production from microcrystalline cellulose using the d-integrated recombinant yeast, *Saccharomyces cerevisiae* L2612dGC. J. Microb. Biotech. 9(3):340-345.

Ferney, H., Rueda, M., Correa, J. (2013) Producción de etanol a partir de melaza. Universidad Industrial de Santander.

Florez, D., Sanchez O., Carvajal J. (2010). Producción de alcohol a partir de melaza. Colombia. Editorial: Universidad Industrial de Santander. Págs. 1-4.

J. O. Valderrama, R. Huerta, R. Alarcón. “Base de datos de propiedades de sustancias para procesos de destilación de vinos”. Revista Información Tecnológica. Vol. 13. 2002. pp.155-166.

M. Ribas, R. Hurtado, N. Garrido, R. Sabadí. Simulación de sistemas de destilación alcohólica DESTILA versión 5.0. Manual de Usuario. ICIDCA. 2005. pp. 33-38.

M. Villena, R. Rudkowskyj, V. Labarquilla. Destilación de alcohol. Eliminación de impurezas. Folleto TOMSA DESTIL S.L. España. 1995. pp. 1-32.

Manual de técnicas de control de calidad. ICUMSA. Publicación 2011. Págs. 1-50.

Mazariegos, H. (2013). Trabajo de graduación. Determinación de la eficiencia de fermentación referida a los azúcares fermentables de los 4 fermentadores de una destilería de 300 000 litros de alcohol por día, utilizando como materia prima melaza. Guatemala, Mexico. Pág. 29-42.

Olbrich, H. (1963). The Molasses. Berlin. Alemania. Editorial: Biotechnologie-Kempe GmH (2006). Pág. 6-70.

Ponce, A. (2011) Tesis de grado. Aprovechamiento de levadura recuperada de la fermentación en destilería. Guayaquil-Ecuador.

R. H. Perry, D. W. Green. Manual del Ingeniero Químico. Sexta Edición. McGraw-Hill. Mexico. 1999. Sección 2. pp. 160-326. Sección 13. pp. 11-15.

Sugar and alcohol industry – Determination of reducers direct sugars in sugar cane. (2012)
Determinación de azúcares reductores directos en azúcar de caña (Cancela a la NMX-F-495-1986). Norma Mexicana. NMX-F-495-SCFI-2012.

Vega, J., Delgado, K., Sibaja, M., Alvarado, A., Barrientos, S. (2008). Empleo de melaza de caña de azúcar para la obtención y caracterización de poliuretanos potencialmente biodegradables. Revista Iberoamericana de polímeros. Vol 9(4). Mexico.

LINKOGRAFÍA

Follow Centro de información. (2014). Indecopi: Normas Técnicas Peruanas. Perú, Lima: Follow Publisher.

<https://issuu.com/centrodeinformacionindecopi/docs/67.180mar14>

El peruano. (2009). Normas Legales. Perú, Lima: Diario oficial. Recuperado de http://www.gacetajuridica.com.pe/servicios/normaspdf_2009/Mayo/23-05-2009.pdf

Ingeniería. (2015). SlideShare: Análisis Fisicoquímicos de la caña de azúcar. Perú, Lima: Ingeniería Publisher. Recuperado de <http://es.slideshare.net/diacari/analisis-fisicoquimico-de-la-cao-de-azucar>

Educación. (2015). SlideShare: Melaza de caña. Perú, Lima: Educación Publisher. Recuperado de <http://es.slideshare.net/miguelpaicorocke/melaza-de-cao>

Jennifer Ramírez Suarez. (Febrero 27, 2014). Análisis Ambiental: Laboratorio Fisicoquímico, análisis de melaza. Suroccidente Colombiano. Mangle Publisher. Recuperado de http://www.analisisambiental.com.co/tipos_servicio/analisis-de-melaza-grado-1-2-ntc-587/

AICC. (2001-2016). Cannabiscave: Melazas de caña. Aicc Publisher. Recuperado de [http://www.cannabiscave.net/foros/showthread.php/333803-Todo-sobre-la-Melaza-o-miel-de-ca%C3%B1a-\(historia-info-composici%C3%B3n-qu%C3%ADmica-etc\)](http://www.cannabiscave.net/foros/showthread.php/333803-Todo-sobre-la-Melaza-o-miel-de-ca%C3%B1a-(historia-info-composici%C3%B3n-qu%C3%ADmica-etc))

S.S.Steiner, Inc. Hopsteiner: Betabio 45%. New York, USA. Recuperado de http://hopsteiner.com/wp-content/uploads/2016/02/SS_Beta_Bio_45.pdf

Jardeli. (2011-2016). Club de ensayos: Obtención de alcohol etílico por fermentación de melazas de caña. Ensayos y Trabajos de investigación. Recuperado de <https://www.clubensayos.com/Ciencia/OBTENCION-DE-ALCOHOL-ETILICO-POR-FERMENTACION-DE-MELAZAS/1598964.html>

Monckeberg Fernando (1968). Producción microbiana industrial: Fermentación. Publicado en la 'Revolución de la bioingeniería'. Editorial Mediterráneo. <http://www.creces.cl/new/index.asp?imat=%20%20%3E%20%205&tc=3&nc=5&art=175>

APÉNDICE

APÉNDICE A

17. CÁLCULOS REALIZADOS A LA MELAZA

Determinación de Brix original:

Datos de melaza:

°Brix : 41.5

T° : 24.9

Fórmula:

Brix = Factor de dilución x [*Lectura Brix* + (*Temperatura* – 20)x 0.03]

Resultados:

Brix = **83.294**

Análisis de sacarosa:

Datos:

Lectura Directa (LD): 7.8 a 22°C

Lectura Inversa (LI): 4 a 21.8°C

Fórmula:

Temperatura promedio (Tm) = $\frac{T1+T2}{2}$

% Sacarosa = $\frac{Lectura\ Total\ x\ 100}{Lectura\ del\ divisor - f_{dil.melaza}}$

Lectura total= (7.8+4.0) x 2=47.2

% Sacarosa= 36.011%

Análisis de azúcares reductores:

Datos:

Gasto de titulación: 15ml

Fórmula:

$$\% \text{Az. Red.} = \frac{f_{\text{correc.az.red}} \times \text{Vol. total de fehling}}{\text{Gasto de titulación} \times 1.5}$$

Resultados:

$$\% \text{Az. Red} = 16.83$$

El factor de corrección de Az. Red. Se encuentra en el anexo Tabla N°4.

Cálculo de los azúcares reductores totales:

Datos:

%Sacarosa: 36.01

% Az. Reductores: 16.83

Fórmula:

$$\text{ART} = (\% \text{Sacarosa} + \text{Az. Reductores})$$

Resultados:

$$\text{ART} = 52.84\%$$

$$\% \text{ART} = 51.754$$

Cálculo de la pureza total:

Datos:

ART: 52.84%

°Bx Original: 83.294

Fórmula:

$$\text{Pureza total} = \frac{52.84}{83.294}$$

Resultados:

$$\text{Pureza total} = 63.44$$

APÉNDICE B**18. CÁLCULOS EN LAS MUESTRAS DE ESTUDIO****C.1 Volumen de alcohol producido (V_{oh})**

$$V_{oh} = \frac{\%Alcohol}{100} x V_{mosto}$$

C1.1 Para cc: 4ppm y pH: 4.5 (a)

$V_{oh} = 50 \text{ ml}$

C1.2 Para cc: 4ppm y pH: 4.5 (b)

$V_{oh} = 50.5 \text{ ml}$

C1.3 Para cc: 4ppm y pH: 4.5 (c)

$V_{oh} = 49 \text{ ml}$

C1.4 Para cc: 6ppm y pH: 4.5 (a)

$V_{oh} = 51.5 \text{ ml}$

C1.5 Para cc: 6ppm y pH: 4.5 (b)

$V_{oh} = 50.5 \text{ ml}$

C1.6 Para cc: 6ppm y pH: 4.5 (c)

$V_{oh} = 50 \text{ ml}$

C1.7 Para cc: 8ppm y pH: 4.5 (a)

$V_{oh} = 51 \text{ ml}$

C1.8 Para cc: 8ppm y pH: 4.5 (b)

$V_{oh} = 50 \text{ ml}$

C1.9 Para cc: 8ppm y pH: 4.5 (c)

$V_{oh} = 50 \text{ ml}$

C1.10 Para cc: 4ppm y pH: 5.0 (a)

$V_{oh} = 50 \text{ ml}$

C1.11 Para cc: 4ppm y pH: 5.0 (b)

$V_{oh} = 50 \text{ ml}$

C1.12 Para cc: 4ppm y pH: 5.0 (c)

$V_{oh} = 48.5 \text{ ml}$

C1.13 Para cc: 6ppm y pH: 5.0 (a)

$V_{oh} = 50.5 \text{ ml}$

C1.14 Para cc: 6ppm y pH: 5.0 (b)

$V_{oh} = 50 \text{ ml}$

C1.15 Para cc: 6ppm y pH: 5.0 (c)

$V_{oh} = 50 \text{ ml}$

C1.16 Para cc: 8ppm y pH: 5.0 (a)

$V_{oh} = 50 \text{ ml}$

C1.17 Para cc: 8ppm y pH: 5.0 (b)

$V_{oh} = 48 \text{ ml}$

C1.18 Para cc: 8ppm y pH: 5.0 (c)

$V_{oh} = 49 \text{ ml}$

C1.19 Para cc: 4ppm y pH: 5.5 (a)

$V_{oh} = 47 \text{ ml}$

C1.20 Para cc: 4ppm y pH: 5.5 (b)

$V_{oh} = 44 \text{ ml}$

C1.21 Para cc: 4ppm y pH: 5.5 (c)

$V_{oh} = 46 \text{ ml}$

C1.22 Para cc: 6ppm y pH: 5.5 (a)

$V_{oh} = 48 \text{ ml}$

C1.23 Para cc: 6ppm y pH: 5.5 (b)

$V_{oh} = 47 \text{ ml}$

C1.24 Para cc: 6ppm y pH: 5.5 (c)

$V_{oh} = 46 \text{ ml}$

C1.25 Para cc: 8ppm y pH: 5.5 (a)

$V_{oh} = 48 \text{ ml}$

C1.26 Para cc: 8ppm y pH: 5.5 (b)

$V_{oh} = 47.5 \text{ ml}$

C1.27 Para cc: 8ppm y pH: 5.5 (c)

$V_{oh} = 46 \text{ ml}$

C.2 Rendimiento (R)

Tabla 24

GRADO ALCOHOLICO (°gl.), SEGUN CONCENTRACION DE BETABIO (Ppm) Y pH

| Cc./pH | | 4.5 | | | 5 | | | 5.5 | |
|--------|------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 4 | 10 | 10.1 | 9.8 | 10 | 9.8 | 9.7 | 9.4 | 8.8 | 9.2 |
| 6 | 10.3 | 10.1 | 10 | 10.1 | 10 | 9.8 | 9.6 | 9.4 | 9.2 |
| 8 | 10.2 | 10 | 9.8 | 10 | 9.6 | 9.8 | 9.6 | 9.5 | 9.2 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

FORMULA DEL RENDIMIENTO ALCOHOLICO:

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{\text{Vol} \times \text{GL}}{100 \times \text{TM melaza}}$$

Vol. Por muestra = 0.5 Lts

Melaza = 169.65 gr.

Rendimiento en L/ TM de melaza:

Para una concentración 4 ppm, pH = 4.5

$$RENDIMIENTO_1 = 294.72 \text{ Lts}$$

$$RENDIMIENTO_2 = 297.67 \text{ Lts}$$

$$RENDIMIENTO_3 = 288.83 \text{ Lts}$$

Para una concentración 6 ppm, pH = 4.5

$$RENDIMIENTO_1 = 303.57 \text{ Lts}$$

$$RENDIMIENTO_2 = 297.67 \text{ Lts}$$

$$RENDIMIENTO_3 = 294.72 \text{ Lts}$$

Para una concentración 8 ppm, pH = 4.5

$$RENDIMIENTO_1 = 300.62 \text{ Lts}$$

$$RENDIMIENTO_2 = 294.72 \text{ Lts}$$

$$RENDIMIENTO_3 = 288.83 \text{ Lts}$$

Para una concentración 4 ppm, pH = 5

$$RENDIMIENTO_1 = 294.72 \text{ Lts}$$

$$RENDIMIENTO_2 = 288.83 \text{ Lts}$$

$$RENDIMIENTO_3 = 285.88 \text{ Lts}$$

Para una concentración 6 ppm, pH = 5

$$RENDIMIENTO_1 = 297.67 \text{ Lts}$$

$$RENDIMIENTO_2 = 294.72 \text{ Lts}$$

$$RENDIMIENTO_3 = 288.83 \text{ Lts}$$

Para una concentración 8 ppm, pH = 5

$$RENDIMIENTO_1 = 294.72 \text{ Lts}$$

$$RENDIMIENTO_2 = 282.94 \text{ Lts}$$

$$RENDIMIENTO_3 = 288.83 \text{ Lts}$$

Para una concentración 4 ppm, pH = 5.5

$$RENDIMIENTO_1 = 277.04 \text{ Lts}$$

$$RENDIMIENTO_2 = 259.36 \text{ Lts}$$

$$RENDIMIENTO_3 = 271.15 \text{ Lts}$$

Para una concentración 6 ppm, pH = 5.5

$$RENDIMIENTO_1 = 282.94 \text{ Lts}$$

$$RENDIMIENTO_2 = 277.04 \text{ Lts}$$

$$RENDIMIENTO_3 = 271.15 \text{ Lts}$$

Para una concentración 8 ppm, pH = 5.5

$$RENDIMIENTO_1 = 282.94 \text{ Lts}$$

$$RENDIMIENTO_2 = 279.99 \text{ Lts}$$

$$RENDIMIENTO_3 = 271.15 \text{ Lts}$$

APÉNDICE C

19. ANÁLISIS ANAVA PARA RESULTADOS

C.1 SUMA DE CUADRADOS PARA EL DISEÑO FACTORIAL CON DOS VALORES

$$C = \sum y_{....}^2 / N$$

$$SCT = \sum_{i=0}^a \sum_{j=0}^b \sum_{k=0}^c \sum_{l=0}^n y_{ijkl}^2 - y_{....}^2 / N$$

$$SCA = \sum_{j=1}^a y_{j...}^2 / bcn - y_{....}^2 / N$$

$$SCB = \sum_{j=1}^b y_{.j..}^2 / acn - y_{....}^2 / N$$

$$SCAB = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij..}^2 / cn - y_{....}^2 / N - SCA - SCB$$

$$SCE = \sum_{k=1}^c y_{...k}^2 / acn - y_{....}^2 / N$$

La tabla 25 muestra la estructura de análisis de diseño factorial con dos factores, la cual es base para el estudio estadístico posterior.

Tabla 25

Análisis (ANOVA) De Diseño Factorial Con Dos Factores, consolidado del análisis estadístico.

| VARIABILIDAD | SC | GL | CM | Fc | Valor r -p |
|--------------|-------|------------|------|----------|------------|
| EFFECTO A | SCA | a-1 | CMA | CMA/CME | p(F>F0A) |
| EFFECTO B | SCB | b-1 | CMB | CMB/CME | p(F>F0B) |
| EFFECTO AB | SC AB | (a-1)(b-1) | CMAB | CMAB/CME | p(F>F0AB) |
| ERROR | SCE | ab(n-1) | CME | | |
| TOTAL | SCT | abn-1 | | | |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

Tabla 26 Consolidado de información de resultados del análisis de varianza realizado tras la obtención de rendimientos de las muestras.

Tabla 26

Unión de datos en la siguiente tabla De Sumatoria De Los Rendimientos De Alcohol Etílico, Según Concentración De Betabio (ppm) Y pH, de todas las muestras realizadas en la experimentación.

| pH | | | | |
|-------------|-------------|------------|------------|---------|
| | 4.5 | 5 | 5.5 | TOTAL |
| Cc. Betabio | | | | |
| | 294.72 | 294.72 | 277.04 | |
| 4 ppm | 297.67 | 288.83 | 259.36 | 2558.21 |
| | 288.83 | 285.88 | 271.15 | |
| | 881.2260536 | 869.437076 | 807.544945 | |
| | 303.57 | 297.67 | 282.94 | |
| 6ppm | 297.67 | 294.72 | 277.04 | 2608.31 |
| | 294.72 | 288.83 | 271.15 | |
| | 895.9622753 | 881.226054 | 831.1229 | |
| | 300.62 | 294.72 | 282.94 | |
| 8ppm | 294.72 | 282.94 | 279.99 | 2584.73 |
| | 288.83 | 288.83 | 271.15 | |
| | 884.173298 | 866.489832 | 834.070144 | |
| TOTAL | 2661.361627 | 2617.15296 | 2472.73799 | 7751.25 |

NOTA: ELABORADO POR LAS AUTORAS.

SUMA DE CUADRADOS PARA CADA EFECTO:

Efecto A: Efecto de la concentración de Betabio (ppm)

Efecto B: Efecto del pH

$$A = 3$$

$$B = 3$$

$$N = 3$$

$$C = 2225256$$

$$SCA = 139.6234$$

$$SCB = 2162.554$$

$$SCAB = 82.359$$

$$SCT = 82.359$$

$$SCE = 608.037$$

GRADOS DE LIBERTAD PARA CADA EFECTO:

$$\text{Efecto A: } 3 - 1 = 2$$

$$\text{Efecto B: } 3 - 1 = 2$$

$$\text{Efecto AB: } (3 - 1) * (3 - 1) = 4$$

$$\text{Error: } 3 * 3 * (3 - 1) = 18$$

$$\text{Total: } (3 * 3 * 3) - 1 = 26$$

CUADRADOS MEDIOS PARA CADA EFECTO:

Efecto A: CMA = 69.812

Efecto B: CMB = 1081.277

Efecto AB: CMAB = 20.589

Efecto T: CMT = 115.099

Efecto E: CME = 33.779

Valores de “ F_C ” para cada efecto:

Efecto A: FCA = 2.067

Efecto B: FCB = 32.009

Efecto AB: FCAB = 0.609

Valores de “ F_T ” para cada efecto:

Del anexo N° 2 se obtienen los siguientes datos para cada F_0

EFEECTO A: $F_{TA(0.05, 2, 18)} = 3.55$

EFEECTO B: $F_{TB(0.05, 2, 18)} = 3.55$

EFEECTO AB: $F_{TAB(0.05, 4, 18)} = 2.93$

Cada valor de F_c es comparado con F_T para cada efecto, luego si $F < F_0$ se acepta la hipótesis y si $F > F_0$ se rechaza la hipótesis.

Por lo tanto:

EFFECTO A: ($F_{CA} < F_{TA}$); La hipótesis nula se ACEPTA.

EFFECTO B: ($F_{CB} < F_{TB}$); La hipótesis nula se RECHAZA.

EFFECTO AB: ($F_{CAB} < F_{TAB}$); La hipótesis nula se ACEPTA.

ANEXOS

IMÀGENES DEL PROCEDIMIENTO



Figura N°2: Pesado de melaza



Figura 3: Adición de Betabio



Figura 4: Destilación de muestra.

Tabla A.1
Percentiles de distribución f

| Grados De Libertad Del Denominador | F95 | | | | | | | | |
|------------------------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Grados De Libertad Del Numerador | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 161,4 | 199,5 | 215,7 | 224,6 | 230,2 | 234 | 236,8 | 238,5 | 240,5 |
| 2 | 18,51 | 19 | 19,16 | 19,25 | 19,30 | 19,33 | 19,35 | 19,37 | 19,38 |
| 3 | 10,13 | 9,55 | 9,28 | 9,12 | 9,01 | 8,94 | 8,89 | 8,85 | 8,81 |
| 4 | 7,71 | 6,94 | 6,59 | 6,39 | 6,26 | 6,16 | 6,09 | 6,04 | 6 |
| 5 | 6,61 | 5,79 | 5,41 | 5,19 | 5,05 | 4,95 | 4,88 | 4,82 | 4,77 |
| 6 | 5,99 | 5,14 | 4,76 | 4,53 | 4,39 | 4,28 | 4,21 | 4,15 | 4,10 |
| 7 | 5,59 | 4,74 | 4,35 | 4,12 | 3,97 | 3,87 | 3,79 | 3,73 | 3,68 |
| 8 | 5,32 | 4,46 | 4,07 | 3,84 | 3,69 | 3,58 | 3,50 | 3,44 | 3,39 |
| 9 | 5,12 | 4,26 | 3,86 | 3,63 | 3,48 | 3,37 | 3,29 | 3,23 | 3,18 |
| 10 | 4,96 | 4,10 | 3,71 | 3,48 | 3,33 | 3,22 | 3,14 | 3,07 | 3,02 |
| 11 | 4,84 | 3,98 | 3,59 | 3,36 | 3,20 | 3,09 | 3,01 | 2,95 | 2,90 |
| 12 | 4,75 | 3,89 | 3,49 | 3,26 | 3,11 | 3 | 2,91 | 2,85 | 2,80 |
| 13 | 4,67 | 3,81 | 3,41 | 3,18 | 3,03 | 2,92 | 2,83 | 2,77 | 2,71 |
| 14 | 4,60 | 3,74 | 3,34 | 3,11 | 2,96 | 2,85 | 2,76 | 2,7 | 2,65 |
| 15 | 4,54 | 3,68 | 3,29 | 3,06 | 2,90 | 2,79 | 2,71 | 2,64 | 2,59 |
| 16 | 4,49 | 3,63 | 3,24 | 3,01 | 2,85 | 2,74 | 2,66 | 2,59 | 2,54 |
| 17 | 4,45 | 3,59 | 3,20 | 2,96 | 2,81 | 2,70 | 2,61 | 2,55 | 2,49 |
| 18 | 4,41 | 3,55 | 3,16 | 2,93 | 2,77 | 2,66 | 2,58 | 2,51 | 2,46 |
| 19 | 4,38 | 3,52 | 3,13 | 2,90 | 2,74 | 2,63 | 2,54 | 2,48 | 2,42 |
| 20 | 4,35 | 3,49 | 3,10 | 2,87 | 2,71 | 2,60 | 2,51 | 2,45 | 2,39 |
| 21 | 4,32 | 3,47 | 3,07 | 2,84 | 2,68 | 2,57 | 2,49 | 2,42 | 2,37 |
| 22 | 4,30 | 3,44 | 3,05 | 2,82 | 2,66 | 2,55 | 2,45 | 2,40 | 2,34 |
| 23 | 4,28 | 3,42 | 3,03 | 2,80 | 2,64 | 2,53 | 2,44 | 2,37 | 2,32 |
| 24 | 4,26 | 3,40 | 3,01 | 2,78 | 2,62 | 2,51 | 2,42 | 2,36 | 2,30 |
| 25 | 4,24 | 3,39 | 2,99 | 2,76 | 2,60 | 2,49 | 2,40 | 2,34 | 2,28 |
| 26 | 4,23 | 3,37 | 2,98 | 2,74 | 2,59 | 2,47 | 2,39 | 2,32 | 2,27 |
| 27 | 4,21 | 3,35 | 2,96 | 2,73 | 2,57 | 2,46 | 2,37 | 2,31 | 2,25 |
| 28 | 4,20 | 3,34 | 2,95 | 2,71 | 2,56 | 2,45 | 2,36 | 2,29 | 2,24 |
| 29 | 4,18 | 3,33 | 2,93 | 2,70 | 2,55 | 2,43 | 2,35 | 2,28 | 2,22 |
| 30 | 4,17 | 3,32 | 2,92 | 2,69 | 2,53 | 2,42 | 2,33 | 2,27 | 2,21 |
| 40 | 4,08 | 3,23 | 2,84 | 2,61 | 2,45 | 2,34 | 2,25 | 2,18 | 2,12 |
| 60 | 4 | 3,15 | 2,76 | 2,53 | 2,37 | 2,25 | 2,17 | 2,10 | 2,04 |
| 120 | 3,92 | 3,07 | 2,68 | 2,45 | 2,29 | 2,17 | 2,09 | 2,02 | 1,96 |
| ∞ | 3,84 | 3 | 2,60 | 2,37 | 2,21 | 2,10 | 2,01 | 1,94 | 1,88 |

TABLA A2

Correcciones por temperatura para lecturas de los hidrómetros Brix.

| Temp. | Porcentaje de azúcar observado | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|----|
| (°C) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 |
| Restar al porcentaje observado | | | | | | | | | | | | |
| 0.3 | 0.49 | 0.65 | 0.77 | 0.89 | 0.99 | 1.08 | 1.2 | 1.24 | 1.31 | 1.37 | 1.41 | |
| 0.36 | 0.47 | 0.56 | 0.65 | 0.73 | 0.8 | 0.86 | 0.9 | 0.97 | 1.01 | 1.05 | 1.08 | |
| 0.32 | 0.38 | 0.43 | 0.48 | 0.52 | 0.57 | 0.6 | 0.6 | 0.67 | 0.7 | 0.72 | 0.74 | |
| 0.31 | 0.35 | 0.4 | 0.44 | 0.48 | 0.51 | 0.55 | 0.6 | 0.6 | 0.63 | 0.65 | 0.66 | |
| 0.29 | 0.32 | 0.36 | 0.4 | 0.43 | 0.46 | 0.5 | 0.5 | 0.54 | 0.56 | 0.58 | 0.59 | |
| 0.26 | 0.29 | 0.32 | 0.35 | 0.38 | 0.41 | 0.44 | 0.5 | 0.48 | 0.49 | 0.51 | 0.52 | |
| 0.24 | 0.26 | 0.29 | 0.31 | 0.34 | 0.36 | 0.38 | 0.4 | 0.41 | 0.42 | 0.44 | 0.45 | |
| 0.2 | 0.22 | 0.24 | 0.26 | 0.28 | 0.3 | 0.32 | 0.3 | 0.34 | 0.36 | 0.36 | 0.37 | |
| 0.17 | 0.18 | 0.2 | 0.22 | 0.23 | 0.25 | 0.26 | 0.3 | 0.28 | 0.28 | 0.29 | 0.3 | |
| 0.13 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.18 | 0.19 | 0.2 | 0.2 | 0.21 | 0.21 | 0.22 | 0.23 | |
| 0.09 | 0.1 | 0.1 | 0.11 | 0.12 | 0.13 | 0.13 | 0.1 | 0.14 | 0.14 | 0.15 | 0.15 | |
| 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.1 | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.08 | |

Nota: 'Método de análisis de laboratorio industria azucarera peruana'

TablaA3. Factores de corrección. Azúcar invertido.

TABLA 2. AZÚCAR INVERTIDO PARA 10 cm³ DE SOLUCION
DE FEHLING METODO DE LANE Y EYDON

| cm ³ SOLUCION DE AZÚCAR USADOS | GRAMOS DE SACAROSA PRESENTE POR 100 cm ³ DE SOLUCION DE AZÚCAR | | | | | | | | |
|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 25 |
| | mg DE SUBSTANCIAS REDUCTORAS CORRESPONDIENTES A 10 cm ³ DE SOLUCION DE FEHLING | | | | | | | | |
| 15 | 50.5 | 50.2 | 49.9 | 49.4 | 48.8 | 48.3 | 47.6 | 46.1 | 43.4 |
| 16 | 50.6 | 50.3 | 50.0 | 49.4 | 48.8 | 48.3 | 47.6 | 46.1 | 43.4 |
| 17 | 50.7 | 50.4 | 50.1 | 49.4 | 48.8 | 48.3 | 47.6 | 46.1 | 43.4 |
| 18 | 50.8 | 50.4 | 50.1 | 49.4 | 48.8 | 48.3 | 47.6 | 46.1 | 43.3 |
| 19 | 50.8 | 50.4 | 50.2 | 49.5 | 48.9 | 48.3 | 47.6 | 46.1 | 43.3 |
| 20 | 50.9 | 50.5 | 50.2 | 49.5 | 48.9 | 48.3 | 47.6 | 46.1 | 43.2 |
| 21 | 51.0 | 50.6 | 50.2 | 49.5 | 48.9 | 48.3 | 47.6 | 46.1 | 43.2 |
| 22 | 51.0 | 50.6 | 50.3 | 49.5 | 48.9 | 48.4 | 47.6 | 46.1 | 43.1 |
| 23 | 51.1 | 50.7 | 50.3 | 49.6 | 49.0 | 48.4 | 47.6 | 46.1 | 43.0 |
| 24 | 51.2 | 50.7 | 50.3 | 49.6 | 49.0 | 48.4 | 47.6 | 46.1 | 42.9 |
| 25 | 51.2 | 50.8 | 50.4 | 49.6 | 49.0 | 48.4 | 47.6 | 46.0 | 42.8 |
| 26 | 51.3 | 50.8 | 50.4 | 49.6 | 49.0 | 48.4 | 47.6 | 46.0 | 42.8 |
| 27 | 51.4 | 50.9 | 50.4 | 49.6 | 49.0 | 48.4 | 47.6 | 46.0 | 42.7 |
| 28 | 51.4 | 50.9 | 50.5 | 49.7 | 49.1 | 48.4 | 47.7 | 46.0 | 42.7 |
| 29 | 51.5 | 51.0 | 50.5 | 49.7 | 49.1 | 48.4 | 47.7 | 46.0 | 42.6 |
| 30 | 51.5 | 51.0 | 50.5 | 49.7 | 49.1 | 48.4 | 47.7 | 46.0 | 42.5 |
| 31 | 51.6 | 51.1 | 50.6 | 49.8 | 49.2 | 48.5 | 47.7 | 45.9 | 42.5 |
| 32 | 51.6 | 51.1 | 50.6 | 49.8 | 49.2 | 48.5 | 47.7 | 45.9 | 42.4 |
| 33 | 51.7 | 51.2 | 50.6 | 49.8 | 49.2 | 48.5 | 47.7 | 45.9 | 42.3 |
| 34 | 51.7 | 51.2 | 50.6 | 49.8 | 49.2 | 48.5 | 47.7 | 45.8 | 42.2 |

CONTINUA.

NOTA: SUGAR CANE FACTORY ANALYTICAL CONTROL. Ed by John H. Payne, 5th. Ed. Elsevier Publishing, Co., Amsterdam 1968, pp. 37, 40, 42, 64, 65.

TablaA4. Densidades de las soluciones en función de °Bx y la temperatura.

| T, °C | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 |
|-------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ° Br | Densidad, (g/mL) ° Br | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,99993 | 0,99934 | 0,99852 | 0,99746 | 0,99617 | 0,99465 | 0,99289 | 0,99091 | 0,98869 | 0,98624 | 0,98356 | 0,98064 | 0,97749 |
| 5 | 1,01996 | 1,01911 | 1,01806 | 1,01680 | 1,01534 | 1,01366 | 1,01178 | 1,00969 | 1,00739 | 1,00488 | 1,00216 | 0,99924 | 0,99610 |
| 10 | 1,04070 | 1,03964 | 1,03839 | 1,03695 | 1,03532 | 1,03350 | 1,03149 | 1,02929 | 1,02689 | 1,02431 | 1,02154 | 1,01857 | 1,01542 |
| 15 | 1,06220 | 1,06097 | 1,05955 | 1,05796 | 1,05618 | 1,05423 | 1,05209 | 1,04977 | 1,04727 | 1,04459 | 1,04173 | 1,03869 | 1,03547 |
| 20 | 1,08449 | 1,08313 | 1,08160 | 1,07988 | 1,07799 | 1,07591 | 1,07365 | 1,07121 | 1,06859 | 1,06579 | 1,06281 | 1,05965 | 1,05631 |
| 25 | 1,10760 | 1,10619 | 1,10458 | 1,10279 | 1,10080 | 1,09862 | 1,09624 | 1,09367 | 1,09091 | 1,08797 | 1,08483 | 1,08150 | 1,07799 |
| 30 | 1,13156 | 1,13018 | 1,12857 | 1,12675 | 1,12470 | 1,12243 | 1,11995 | 1,11725 | 1,11433 | 1,11120 | 1,10786 | 1,10430 | 1,10054 |
| 35 | 1,15643 | 1,15516 | 1,15363 | 1,15183 | 1,14977 | 1,14745 | 1,14487 | 1,14202 | 1,13893 | 1,13557 | 1,13197 | 1,12812 | 1,12402 |
| 40 | 1,18223 | 1,18119 | 1,17983 | 1,17814 | 1,17612 | 1,17377 | 1,17110 | 1,16811 | 1,16480 | 1,16118 | 1,15725 | 1,15302 | 1,14850 |
| 45 | 1,20900 | 1,20833 | 1,20725 | 1,20576 | 1,20384 | 1,20151 | 1,19877 | 1,19563 | 1,19208 | 1,18813 | 1,18380 | 1,17910 | 1,17403 |
| 50 | 1,23679 | 1,23665 | 1,23599 | 1,23479 | 1,23307 | 1,23081 | 1,22802 | 1,22470 | 1,22088 | 1,21654 | 1,21172 | 1,20643 | 1,20067 |
| 55 | 1,26563 | 1,26621 | 1,26613 | 1,26537 | 1,26393 | 1,26179 | 1,25898 | 1,25549 | 1,25135 | 1,24655 | 1,24113 | 1,23511 | 1,22851 |
| 60 | 1,29556 | 1,29710 | 1,29779 | 1,29762 | 1,29658 | 1,29465 | 1,29185 | 1,28818 | 1,28366 | 1,27831 | 1,27216 | 1,26525 | 1,25761 |
| 65 | 1,32663 | 1,32938 | 1,33108 | 1,33170 | 1,33120 | 1,32957 | 1,32682 | 1,32296 | 1,31800 | 1,31199 | 1,30496 | 1,29696 | 1,28806 |
| 70 | 1,35887 | 1,36315 | 1,36614 | 1,36777 | 1,36799 | 1,36678 | 1,36414 | 1,36007 | 1,35461 | 1,34779 | 1,33969 | 1,33039 | 1,31996 |

NOTA: ACTA NOVA. Artículo científico. Vol 5, Nº1, marzo 2011.

