



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



## **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MINATITLÁN**

**“VALORACIÓN DE FUNGICIDAS EN LA REDUCCIÓN DE  
PÉRDIDA DE SACAROSA EN JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR  
DURANTE EL PROCESO DE EXTRACCIÓN”**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTA:**

*Francisco Antonio Toto Guillén*



MINATITLÁN, VER. JUNIO 2021



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Minatitlán  
División de Estudios de Estudios Profesionales

COORDINACIÓN DE TITULACIÓN  
OFICIO NUM. 003/2021

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE  
TRABAJO PROFESIONAL

Minatitlán, Veracruz, 10 DE JUNIO DEL 2021

**C. FRANCISCO ANTONIO TOTO GUILLÉN**  
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
**PRESENTE:**

Después de haber satisfecho los requisitos establecidos en el procedimiento académico para obtener el título en los Institutos Tecnológicos y de conformidad con la H. Comisión Revisora, me es grato autorizar la impresión de su TRABAJO PROFESIONAL por la opción **TESIS PROFESIONAL**.

**“VALORACIÓN DE FUNGICIDAS EN LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDA DE SACAROSA EN JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR DURANTE EL PROCESO DE EXTRACCIÓN”**

Así mismo se le exhorta a seguir superándose Académicamente y poner en alto el nombre de la Institución.

**ATENTAMENTE**

*Excelencia en Educación Tecnológica*  
*Por la Independencia Tecnológica de México®*

**LIC. SANDRA LUZ CRUZ ROMÁN**  
**JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES**



"Instituto Tecnológico certificado conforme a la NMX-CC-9001-IMNC-2015 ISO 9001:2015  
Número de registro: RSGC-928, fecha de inicio: 2015-06-22 y término de la certificación 2021-06-22"  
El Alcance del SOC, es el Proceso Educativo, que comprende desde la inscripción hasta la entrega del Título y la Cédula Profesional de licenciatura  
"Instituto Tecnológico certificado conforme a la NMX-R-025-SCFI-2015 igualdad Laboral y No Discriminación"  
Boulevard Institutos Tecnológicos S/N C.P. 96848, Col. Buena Vista Norte Minatitlán, Veracruz.  
Dirección Tel.922 22 5 14 20 ext. 100, e-mail: direccion@minatitlan.tecnm.mx y dir\_minatitlan@tecnm.mx  
www.minatitlan.tecnm.mx/portal/  
División de Estudios Profesionales ext. 420 dprofesionales@minatitlan.tecnm.mx y dep\_minatitlan@tecnm.mx



## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por iluminarme y ser mi guía siempre, brindándome energía y sabiduría necesaria para realizar mis labores en la empresa.

A mi madre, mi hermana, mi esposa y mi pequeña hija, por el apoyo incondicional, por estar siempre a mi lado, para lograr mis metas y objetivos.

*Francisco Antonio Toto Guillén*

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	VI
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	7
1.1. <b>REALIDAD PROBLEMÁTICA</b> .....	7
1.2. <b>ANTECEDENTES</b> .....	7
1.3. <b>FORMULACION DEL PROBLEMA</b> .....	12
1.4. <b>HIPOTESIS</b> .....	12
1.5. <b>OBJETIVOS</b> .....	12
1.6. <b>JUSTIFICACION</b> .....	13
<b>2. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL</b> .....	14
2.1. <b>GENERALIDADES DEL PROCESO DE AZÚCAR</b> .....	14
2.1.1. <b>Etapa de Extracción</b> .....	14
2.2. <b>CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LOS JUGOS</b> .....	15
2.3. <b>PÉRDIDAS DE SACAROSA POR CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA</b> .....	17
2.4. <b>CONTROL DE LA ACTIVIDAD MICROBIOLÓGICA CON AGENTES FUNGICIDAS</b> .....	18
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	20
3.1. <b>MATERIAL DE ESTUDIO</b> .....	20
3.1.1. <b>Tamaño de Muestra</b> .....	20
3.1.2. <b>Materiales de Laboratorio</b> .....	20
3.1.3. <b>Equipos de Laboratorio</b> .....	21
3.2. <b>MÉTODOS Y TÉCNICAS</b> .....	21
3.2.1. <b>Diseño Experimental</b> .....	21
3.2.2. <b>Variables</b> .....	22
3.2.3. <b>Recolección de Información</b> .....	23
3.2.4. <b>Procedimiento Experimental</b> .....	23

<b>4. RESULTADOS</b> .....	29
<b>4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	41
<b>CONCLUSIONES</b> .....	43
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	44

### **INDICE DE TABLAS**

Tabla No. 1. Matriz de diseño experimental .....	22
Tabla No. 2. Variables de diseño experimental. ....	22
Tabla No. 3. Comparación de %Brix de jugos sin fungicida y con fungicida. Fuente: Propia. 2021.....	29
Tabla No. 4. Comparación de %sacarosa de jugos sin fungicida y con fungicida. Fuente: Propia. 2021.....	30
Tabla No. 5. Comparación de %pureza de jugos sin fungicida y con fungicida. Fuente: Propia. 2021.....	31
Tabla No. 6. Comparación de concentración de dextrana (ppm) de jugos sin fungicida y con fungicida. Fuente: Propia. 2021.....	32
Tabla No. 7. Comparación de %azúcares reductores de jugos sin fungicida y con fungicida. Fuente: Propia. 2021.....	33
Tabla No. 8. Comparación de %inversión de sacarosa de jugos sin fungicida y con fungicida. Fuente: Propia. 2021.....	34
Tabla No. 9. Comparación de pérdidas de sacarosa por inversión ácida(kg) de jugos sin fungicida y con fungicida. Fuente: Propia. 2021. ....	35
Tabla No. 10. Comparación de pérdidas de sacarosa por inversión ácida(kg) de jugos sin fungicida y con fungicida. Fuente: Propia. 2021. ....	36

## INDICE DE FIGURAS

Figura No. 1. Inversión de la Sacarosa. Fuente: Benítez & Guagalango, 2017. ....	16
Figura No. 2. Formación de la Dextrana. Fuente: Clarke, y otros, 2015 .....	18
Figura No. 3. Comparación de %Brix del jugo sin Fungicida y con Fungicidas. Fuente: Propia, 2021.....	37
Figura No. 4. Comparación de %Sacarosa jugo sin Fungicida y con Fungicidas. Fuente: Propia, 2021.....	37
Figura No. 5. Comparación de %Pureza jugo sin Fungicida y con Fungicidas. Fuente: Propia, 2021.....	38
Figura No. 6. Comparación de la Concentración de Dextrana (ppm) del jugo sin Fungicida y con Fungicidas. Fuente: Propia, 2021.....	38
Figura No. 7. Comparación de %Azúcares Reductores del jugo sin Fungicida y con Fungicida. Fuente: Propia, 2021.....	39
Figura No. 8. Comparación de %Inversión de Sacarosa del jugo sin Fungicida y con Fungicida. Fuente: Propia, 2021.....	39
Figura No. 9. Comparación de Pérdidas de sacarosa (Kg) por Inversión Acida del jugo sin Fungicida y con Fungicida. Fuente: Propia, 2021. ....	40
Figura No. 10. Comparación de Pérdidas de Sacarosa (Kg) por Inversión Microbiológica del jugo sin Fungicida y con Fungicida. Fuente: Propia, 2021. ....	40

## RESUMEN

La presente investigación realizada muestra una manera de control en las pérdidas de sacarosa en los jugos de caña, mediante el uso de fungicidas Bactol Q, Proquat DDAC 52 y Procide 800 30H, aplicados en los molinos, verificando su eficiencia como control químico.

Se realizaron análisis fisicoquímicos en laboratorio de los jugos primario y mezclado, para la determinación de sacarosa perdida, utilizando equipos polarímetro, refractómetro y espectrofotómetro. Se muestra los resultados obtenidos a lo largo de la investigación y determinando el fungicida Procide 800 30H más eficiente con un 84% de disminución en pérdidas de sacarosa por inversión ácida y un 81% por inversión microbiológica.

Finalmente, el uso del fungicida Procide 800 30H mostró mayor eficiencia en la disminución de pérdidas de sacarosa por su capacidad de elevar el pH del medio y evitar el crecimiento microbiano.

# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Uno de los inconvenientes en la industria azucarera en general, es la inversión de la sacarosa en el jugo de caña que va desde el momento de su extracción en los molinos hasta que llega a la sala de cocimiento. El jugo extraído ofrece un medio ideal para la propagación de microorganismos que causen destrucción de sacarosa.

En los ingenios ubicados en el Estado de Veracruz se presentaron elevadas concentraciones de dextrano en el jugo de caña, aumento del porcentaje de azúcares reductores y bajas purezas, siendo estos indicadores de pérdidas de sacarosa para la fábrica. Esto conllevó a hacer investigaciones y pruebas en el área mediante productos químicos fungicidas para realizar un control químico. El desarrollo de las pruebas se llevó a cabo en los meses de enero y marzo del año 2021. Tenía presencia del polímero dextrano en las canaletas de los jugos, mostrando una contaminación microbiológica.

Las cantidades diarias de azúcar perdida por inversión ácida eran en promedio de 8414.50 Kg, y por inversión microbiana de 31.93 Kg, siendo muy elevadas, se hizo un estudio para ser controlado.

## **1.2. ANTECEDENTES**

La calidad de caña de azúcar en campo tiende a deteriorarse por el daño causado por el corte, viento, fuego, heladas, enfermedades por insectos, además de los daños mecánicos son causas de heridas en los tallos que permiten la entrada de la bacteria *Leuconostoc* y propician la formación de dextrano. El intervalo entre corte y molienda es el periodo en que los niveles de dextrano alcanzan los niveles más altos. (Chen, 2018).

El jugo de la caña no tratado químicamente al pasar por las canaletas y cañerías entra en contacto directo con una gran cantidad de microorganismos que están adheridos a las superficies del metal. Los lodos o fangos que se acumulan en los molinos constituyen la fuente más importante de contaminación microbiana y con ello la producción de invertasa, ocasionando el desdoblamiento de sacarosa. A pesar de que se realice una limpieza frecuente en molinos, las pérdidas por inversión de sacarosa se mantienen debido a la multiplicación continua de microorganismos. (Benítez & Gualango, 2017).

Los organismos del género *Leuconostoc* consumen sacarosa, produciendo largas cadenas de glucosa y fermentando la fructosa a ácidos orgánicos como productos secundarios. Cantidades relativamente pequeñas de dextrano aumentan la viscosidad, retardan la cristalización y la filtración y disminuye el rendimiento de la sacarosa. La caña de azúcar lleva a los molinos una gran cantidad de microorganismos viables, la mayoría quedan en el jugo extraído, donde si temperatura es apropiada para el crecimiento, el desarrollo microbiano se presenta inmediatamente. La aplicación de los modernos compuestos bacteriostáticos para evitar pérdidas en el ingenio parece ser justificable y es especialmente efectiva cuando se muele caña dañada.

El daño producido por las heladas y la infestación de los barrenadores de la caña resulta en la casi inmediata acción de los microbios sobre el jugo extraído, disminuyendo así la pureza de éste en cuanto a sacarosa y produciendo cantidades apreciables de gomas de dextrano y leván. Los cambios producidos de esta manera en el jugo aumentan las dificultades en la clarificación y resultan en rendimientos menores. En tales circunstancias, los agentes bacteriostáticos son especialmente efectivos. (Chen, 2015).

El empleo de biocidas para solucionar dicho problema en los ingenios azucareros es una práctica importante considerando las representaciones económicas que implican dicha aplicación y el rendimiento de sacarosa. El uso de biocidas no

afecta al proceso de fabricación del azúcar, por el contrario, previene fermentaciones responsables de alteraciones organolépticas. (Benítez & Gualango, 2017).

La caña de azúcar por naturaleza es una planta que posee la peculiaridad de que al ser cortada se inicia un rápido deterioro de la misma, el cual se acelera 48 horas después de haber sido segada, lo cual produce cualquiera que fuera la calidad o la variedad, que se reduzca su calidad y, por consiguiente, obtener un menor rendimiento al ser procesada por los ingenios. Este deterioro puede observarse al comparar, a través de muestreos por laboratorio, cañas recién cortadas contra otras que poseen varios días de atraso, siendo notoria la disminución de la pureza del jugo contenido en la misma, cuyos resultados son debidos a la conversión de sacarosa en azúcares invertidos (glucosa y fructosa), mediante procesos enzimáticos, químicos o microbiológicos.

Esta última es causada principalmente por un conjunto de bacterias del género *Leuconostoc*, las cuales consumen la sacarosa produciendo largas cadenas de glucosa (Dextrano), dando lugar a la fermentación de la fructosa produciendo ácidos orgánicos que deterioran la cosecha. El daño causado por el fuego durante la quema, el corte, el viento, los insectos y el daño mecánico causado por el manejo y alce de la caña, causan heridas en los tallos que permiten la entrada del *Leuconostoc* y propician la formación de dextrano. Este es un efecto secundario producido por el crecimiento microbiano. Este deterioro consiste en el incremento de la acidez del jugo de caña conforme se incrementa el tiempo transcurrido desde el corte de la planta. (Zepeda, 2018).

En la industria alimentaria, los biocidas se utilizan frecuentemente para desinfectar las instalaciones y cualquier material que entre en contacto con los alimentos, así como para descontaminar los productos cárnicos. También se añaden como conservantes a los productos alimentarios y como desinfectantes al agua potable. La abundancia de los microorganismos en el guarapo recién extraído y su capacidad para la inducción de pérdidas de sacarosa han hecho que se practiquen

muchas investigaciones de la posibilidad de disminuir estas pérdidas mediante la aplicación de ciertos agentes bacteriostáticos en el guarapo.

La aplicación cada tres horas con mangueras de agua caliente a alta presión a través de pequeñas toberas reduce las pérdidas al desalojar las acumulaciones que se forman alrededor de los coladores del jugo, elevadores y otros puntos conflictivos. Además de la limpieza, resulta beneficiosa la aplicación de compuestos bacteriostáticos. Chen evaluó muchos biocidas y halló que la aplicación de vapor o agua caliente a alta presión alrededor de los molinos (especialmente en los eslabones y las cadenas) solo resulta el 60% efectiva; el resto debe recibir la aplicación de un biocida empleado en forma continua.

Si bien es cierto en la limpieza física de la planta industrial ayuda a reducir la acumulación de polisacáridos (dextrano), esta no previene el desarrollo de microorganismos en el jugo de caña circulante. La necesidad de eliminar o inhibir el crecimiento de los microorganismos presentes en las fábricas azucareras es reconocida desde hace mucho tiempo y ha sido motivo de numerosos estudios realizados con el fin de encontrar diferentes compuestos que puedan emplearse en ingenios y que posean propiedades fungicidas. Desde el punto de vista, el principal problema a resolver es la relación costo beneficio. En el estudio se determinó la disminución de pérdidas de sacarosa con fungicida Procide BC 800 30H en 11% y con Proquat BC 50 un 30% en comparación con el jugo sin dosificar, dosificando en los molinos 2 y 3, para una concentración de 10 ppm por fungicida. (Benítez & Gualango, 2017).

Un estudio realizado en precosecha en los campos de cultivo de caña de azúcar aplicando nutrientes foliares de zinc y magnesio, mostrando una disminución apreciable de 2 a 3% en pérdidas de sacarosa en comparación con la caña no tratada; y el uso de fungicidas rociados en la caña cosechada rociada tuvo una disminución de pérdida de 39% de sacarosa con respecto a caña sin tratamiento. (Solomon, y otros, 2016).

Se desarrolló una investigación sobre la caña de azúcar en campo y a nivel de laboratorio, realizando un tratamiento químico con el fungicida Sucroguard a 10 ppm reduciendo las pérdidas de sacarosa del jugo primario en 21% comparado con un ensayo control. (Kulkarni y Warne, 2018).

Un tratamiento químico basado en QUAT el cual se aplicó en caña de azúcar cosechada, con una dosis de 10 ppm para ensayos de laboratorio durante 24 horas, reduciendo pérdidas de sacarosa en 55%. (Singh, y otros, 2018).

El estudio sobre la disminución del porcentaje de pérdidas de sacarosa, mediante la aplicación de Organosulfer a 10 ppm en caña, el cual disminuyó en un 65% las pérdidas de sacarosa. (Solomon, y otros, 2018).

Realizaron estudios sobre el deterioro del jugo de caña después de la cosecha, utilizando una mezcla de biocida (azida sódico, 1% p / v) para destruir todos los microorganismos. La adición de biocida en jugo de caña recién molido, disminuyó las pérdidas de azúcar en un 70%. (Solomon S., Singh I., Shrivastava A., Singh R. y Singh J, 2016).

Se evaluaron el comportamiento de la caña de azúcar a finales de la temporada de cosecha tardía de 72 horas, debido a las temperaturas ambientales elevadas provocó pérdidas de caña de azúcar. Después del tratamiento a la caña de azúcar con una formulación química que contiene cloruro de benzalconio (0.2%) y metasilicato de sodio (0.5%), se disminuyeron el porcentaje de pérdida de azúcar en 61.1% (Solomon S, y otros, 2017).

Es por ello que en el presente estudio se realiza la evaluación de fungicidas en la disminución de pérdidas de sacarosa en la etapa de extracción y mejorar el rendimiento del proceso.

### **1.3. FORMULACION DEL PROBLEMA**

¿El uso de fungicidas disminuirá las pérdidas de sacarosa en el proceso de extracción del jugo de caña de azúcar?

### **1.4. HIPOTESIS**

El uso de fungicidas disminuye las pérdidas de sacarosa del jugo de caña de azúcar en el proceso de extracción.

### **1.5. OBJETIVOS**

#### ***General***

Evaluar el efecto de los fungicidas en la disminución de pérdidas de sacarosa del jugo de caña de azúcar en el proceso de extracción.

#### ***Específicos***

- Determinar la eficiencia de los fungicidas en la disminución de las pérdidas de sacarosa en el jugo de caña de azúcar del proceso de extracción.
- Determinar el porcentaje de inversión de sacarosa en el jugo de caña de azúcar del proceso de extracción.
- Determinar el Porcentaje de disminución de Dextrano.
- Determinar el Porcentaje de disminución de Pérdidas de sacarosa por fungicida.

## 1.6. JUSTIFICACION

Uno de los inconvenientes en la industria azucarera en general, es la inversión de la sacarosa en el jugo de caña que va desde el momento que se corta la caña, extracción de los molinos, clarificación del jugo extraído, hasta que llega a la sala de cocimiento, la sacarosa está expuesta a la acción enzimática de una multitud de microorganismos que pueden provenir del suelo, de la suciedad en los tallos y de las hojas de la caña o del aire contaminante. El jugo extraído ofrece un medio ideal para la propagación de microorganismos que causen destrucción de la sacarosa. (Zepeda Guardado, 2016) y (Benítez & Guagalango, 2017).

Los lodos o fangos que se acumulan en los molinos constituyen la fuente más importante de contaminación microbiana y con ello la producción de invertasa, ocasionando el desdoblamiento de sacarosa. A pesar de que se realice una limpieza frecuente en molinos, las pérdidas por inversión de sacarosa se mantienen debido a la multiplicación continua de microorganismos.

La pérdida de azúcar por inversión de la sacarosa en glucosa y fructosa durante el proceso de elaboración de azúcar, es mucho mayor de lo que generalmente se piensa. El empleo de biocidas para solucionar dicho problema en los ingenios azucareros es una práctica importante considerando las representaciones económicas que implican dicha aplicación y el rendimiento de sacarosa.

El azúcar o sacarosa presente en la caña puede descomponerse por efecto enzimático o fisicoquímico en sus azúcares reductores, glucosa y fructosa. Dicha reacción es conocida como inversión de la sacarosa. (Benítez & Guagalango, 2017).

Esta investigación tiene como finalidad evaluar el uso de los fungicidas para disminuir las pérdidas de sacarosa durante el proceso, reduciendo la inversión y evitar el crecimiento de los microorganismos, logrando de esta manera un alto rendimiento de sacarosa en la industria azucarera.

## **2. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL**

### **2.1. GENERALIDADES DEL PROCESO DE AZÚCAR**

#### **2.1.1. Etapa de Extracción**

La extracción del jugo de caña constituye la primera etapa del procesamiento del azúcar crudo. Primero la caña se prepara para la molienda mediante cuchillas giratorias o machetes que cortan los tallos en pedazos pequeños, pero no extraen el jugo; luego pasan por desfibradoras que desgarran y rasgan la caña a tiras pequeñas, sin extraer jugo; y por último pasar por un tándem de molinos, conformado por una serie de 6 molinos. El molino o trapiche consta de unidades múltiples que utilizan combinaciones de tres rodillos o mazas, a través de las cuales pasan sucesivamente la caña exprimida o bagazo. Cada molino constituido por tres mazas se conoce respectivamente como maza superior o mayor, maza cañera (por donde entra la caña) o de alimentación y maza bagacera o de descarga.

Las dos mazas inferiores tienen una posición fija; la maza superior, controlado por un émbolo hidráulico, puede subir, bajar o flotar, según las variaciones en la alimentación de la caña. Para ayudar a la extracción del jugo se aplican aspersores de agua o guarapo diluido sobre la capa de bagazo para extraer por lixiviación el azúcar. La práctica general de la imbibición conocida imbibición compuesta, aplicable a trenes de cuatro a más molinos. Se aplica agua al bagazo que se dirige al último molino: el jugo del último molino es devuelto al bagazo que va al penúltimo molino, este jugo a su vez, regresa al bagazo del molino anterior, y así sucesivamente.

En las prácticas de molienda, más eficientes, más del 95% del azúcar contenido en la caña pasa al guarapo, este porcentaje se conoce como la extracción de sacarosa. Generalmente se utiliza una imbibición en caliente (con agua a 70°C), aunque una de sus desventajas es mayor extracción de gomas e impurezas provenientes de la hojarasca, los molinos no se alimentan en forma óptima y facilita el crecimiento de los microorganismos productores de dextrano.

Los jugos provenientes de cada uno de los molinos sucesivos difieren de acuerdo con la presión y el grado de imbibición. Con la acción continua de la trituración tiene lugar una reducción en el Brix, polarización y pureza, con el consecuente incremento de los no azúcares tanto orgánicos como inorgánicos. (Chen, 2004, p.p. 92-110)

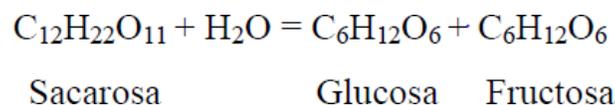
## **2.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LOS JUGOS**

Las poblaciones microbiológicas que degradan la sacarosa y los azúcares reductores presentes en el jugo determinan las características físico químicas, los mismos que influyen en el desarrollo posterior del proceso de extracción; por esta razón los subproductos metabólicos son tomados como indicadores indirectos de las pérdidas de sacarosa en el proceso, aunque las pérdidas reales son mayores que las que se pueden calcular con base en estos indicadores debido a que están influenciados por factores ajenos a la actividad microbiana. (Benites & Gualango, 2017)

- Pureza. Es la relación en porcentaje que existe entre el Pol contenido y los sólidos totales disueltos en el jugo. Cuando los sólidos totales solubles se expresan en grados ° Brix, y/o en sólidos refracto métricos o por desecación/ las purezas reciben los nombres de pureza aparente refractométrica y verdadera. (Benites & Gualango, 2017)
- Pol. Polarización de una solución, es una medida de la concentración (en gramos de soluto por 100 gramos de solución) de solución de sacarosa pura en agua que tiene la misma rotación óptica que la muestra a la misma temperatura. La Pol de una solución, es el contenido aparente de sacarosa en cualquier sustancia, expresada en porcentaje en masa. (ICUMSA Methods Book, 2018) Valor obtenido por la polarización directa en un sacarímetro de una solución de peso normal. Para los cálculos se

toma como si fuera una sustancia real, y sustituye a la denominación sacarosa aparente usada con anterioridad. (Benites & Gualango, 2017)

- Grados Brix. Los sólidos disueltos, conocidos como Brix, que consisten de la materia de caña, soluble en agua está constituido por: sacarosa (usualmente se mide en forma aproximadamente como Pol) y no sacarosas (demás material soluble que se halla en solución), que en ocasiones se denomina como no-azúcares o no-Pol. (Rain, 2018)
- Azúcares Reductores. La sacarosa puede ser invertida por efecto enzimático o efecto físico químico en sus azúcares reductores, glucosa y fructosa. Su poder reductor se debe al grupo carbonilo que queda libre en su molécula. Este carácter reductor puede ponerse de manifiesto mediante diversos métodos, entre los cuales los más utilizados en los ingenios azucareros es el método de Eynon y Lane, en que se produce una reacción redox entre los azúcares reductores y el sulfato de cobre (II). Las soluciones de esta sal tienen color azul y tras la reacción con el azúcar reductor se forma óxido de cobre (I) de color rojo. De este modo, el cambio de color indica que se ha producido reacción, por lo tanto, el azúcar reductor está presente. (Benítez & Guagalango, 2017)
- Inversión. Según Spencer (1967). La sacarosa se hidroliza con facilidad en soluciones ácidas a velocidades que aumentan notablemente según el incremento de temperatura y disminución del pH con liberación de monosacáridos constituyentes se muestra en la siguiente ecuación.



**Figura No. 1. Inversión de la Sacarosa. Fuente: Benítez & Guagalango, 2017.**

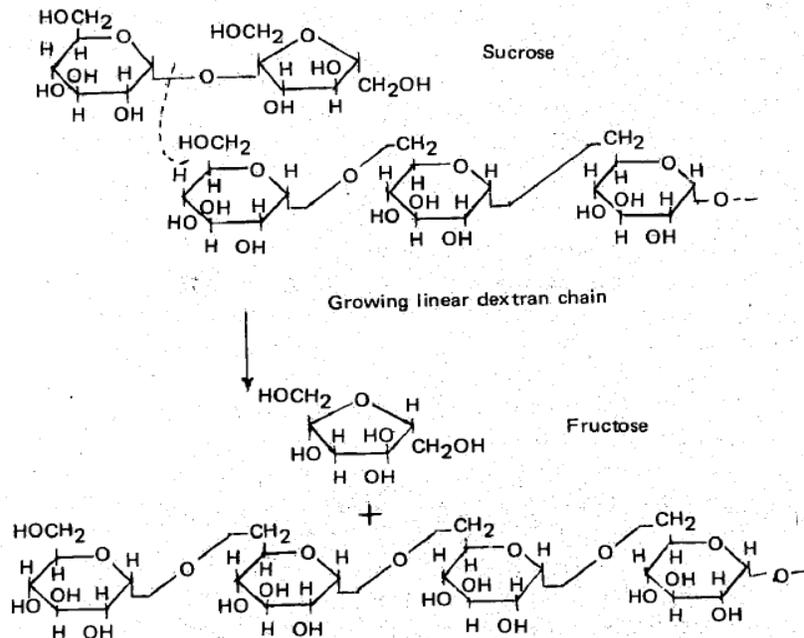
Esta reacción es sumamente importante en la fabricación de azúcar, ya que se pierde sacarosa cuando los guarapos o jugos no se mantiene en un pH de 7, o ligeramente superior, especialmente durante las múltiples operaciones para las cuales se requiere altas temperaturas.

Las condiciones de operación de los molinos y la calidad de la caña contribuyen a las pérdidas de sacarosa que pueden ocurrir por inversión ácida, inversión enzimática e infección microbiana. La inversión ácida comprende la inversión química de la sacarosa en glucosa y fructosa; ocurre en condiciones ácidas; la tasa de inversión se incrementa con pH bajos y altos niveles de temperatura, mientras que la destrucción enzimática resulta por la acción de proteínas, principalmente la invertasa, que actúa como un catalizador para promover la inversión de la sacarosa. La invertasa puede estar presente en la caña de azúcar naturalmente o ser producida por el *Saccharomyces* sp. y se desactiva a temperaturas superiores a 65 ° C. (Benítez & Guagalango, 2017)

### **2.3. PÉRDIDAS DE SACAROSA POR CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA**

Polisacáridos Bacterianos: Dextrano. La principal causa microbiológica de la pérdida de sacarosa es la formación de dextrano por *Leuconostoc mesenteroides*. Aparte el dextrano provoca un aumento de la viscosidad que crea problemas en evaporadores y bandejas de vacío. El dextrano también causa el alargamiento del cristal de sacarosa, a lo largo del eje C (el llamado grano de la aguja), lo que dificulta la purga de las centrifugas y aumenta las pérdidas en melaza y agua de lavado. El dextrano también da valores Pol artificialmente altos, ya que es dextrorrotatorio.

Dextrano se sintetiza a partir de sacarosa por la enzima dextran sacarasa mostrada en la figura, donde se representa una cadena lineal.



**Figura No. 2. Formación de la Dextrana. Fuente: Clarke, y otros, 2015**

La porción de glucosa se usa en la formación de dextrano, mientras que permanece un resto de fructosa. Esta fructosa se descompone posteriormente en ácidos orgánicos y compuestos colorantes, causando una disminución del pH, que a su vez aumenta la tasa de inversión, lo que lleva a pérdida adicional de sacarosa, y formación adicional de ácidos y colorantes a partir de la nueva azúcar invertido formado. Además de los productos de descomposición de la fructosa, la formación enzimática de dextrano son ácidos acético y láctico, manitol y, probablemente etanol, que refuerza los problemas de caída del pH. (Clarke, y otros, 2018)

## **2.4. CONTROL DE LA ACTIVIDAD MICROBIOLÓGICA CON AGENTES FUNGICIDAS**

La función de los Biocidas es la de controlar el crecimiento microbiológico, el cual es el principal generador de invertasa, la que a su vez es la principal causa de la inversión del azúcar en glucosa y fructosa.

El jugo de la caña de azúcar es un medio ideal para el desarrollo microbiológico, el cual debe detenerse cuanto antes para evitar la contaminación de todo el sistema. (Benítez & Guagalango, 2017)

- Bactol Q. Es una sal de amonio cuaternario con distribución de carbonos principalmente entre C12-C14, es decir, es un tenso activo de carácter catiónico, que interactúa químicamente con los fosfolípidos de la membrana celular, provocando vaciamiento de los componentes celulares, produciendo la muerte celular. (Álvarez, 2018)
- Proquat DDAC 52. Es una mezcla de biocidas de amplio espectro contra bacterias, hongos, virus y algas. Es un amonio cuaternario de " Cuarta generación ". Posee doble cadena alquílica gemela y un sistema avanzado en su estructura química el cual le permite controlar la espuma generada, lo que lo hace un producto excelente para uso en procesos donde se recircule agua. Es eficiente en presencia de aguas duras y materia orgánica. Tiene una excelente detergencia. (Álvarez, 2018)
- Procide BC 800 30H. Es un compuesto de Etilen bis ditiocarbamato de sodio, fungicida y funguicida de uso industrial en torres de enfriamiento con recirculación de agua, máquinas productoras de papel, piscinas de enfriamiento por atomización de agua, entre otros. Fungicidas de amplio espectro, no inflamables, de relativo bajo costo y preparados a base de una mezcla debidamente proporcionada de Dimetil-Ditiocarbamato de Sodio y Etilen- Bisditio-Carbamato disódico. Sus mecanismos de acción consisten en bloquear elementos esenciales para las bacterias, como el hierro impidiendo el metabolismo celular normal. Los carbamatos tienen la peculiaridad de descomponerse con el calor, evaporándose sin dejar residuos por lo que no deben aplicarse con agua caliente o a guarapo de alta temperatura pues su efecto germicida disminuye. (Álvarez, 2018)

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. MATERIAL DE ESTUDIO**

El objeto de estudio es el jugo primario y jugo mezclado.

##### **3.1.1. Tamaño de Muestra**

Para el desarrollo de la investigación se utilizó un tamaño de muestra de 1L de jugo primario y 1L de jugo mezclado.

##### **3.1.2. Materiales de Laboratorio**

- Vaso de precipitación 250 mL, marca Schott Duran
- Vaso de precipitación 100 mL, marca Pyrex
- Matraz Erlenmeyer 500 mL, marca Schott Duran
- Pipeta graduada 5 mL, marca Blau Brand
- Pipeta graduada 10 mL, KynTel
- Celda de espectrofotométrica, marca Brand
- Fiola 500 mL, marca Fortuna Poulten & Graf
- Fiola 1000 mL, marca Hirschmann EM-Schott Duran
- Fiola 250 mL, marca Schott Duran
- Fiola 100 mL, marca Schott Duran
- Fiola 50 mL, marca Schott Duran
- Embudo de vidrio
- Embudo de plástico
- Vaso de precipitación 250 mL, marca VitLab
- Pizeta de 500 mL
- Bureta graduada 50 mL, marca DIN
- Pera de succión
- Matraz kitasato 1000 mL Schott Duran

- Embudo de filtración Pall 500 mL.
- Soporte universal

### 3.1.3. Equipos de Laboratorio

- pH metro HACH
- Polarímetro SCHMIDT + HAENSCH
- Refractómetro Atago Rx - 5000
- Destilador, GFL Gesellschaft fur Labortechnik
- Dilutor Lab Companion – Kossodo
- Espectrofotómetro Thermo scientific Genesys 10S VIS
- Balanza eléctrica Sartorius
- Bomba de vacío Pall Life Sciences
- Plancha de calentamiento
- Balanza analítica Boeco
- Cocina eléctrica

## 3.2. METODOS Y TÉCNICAS

### 3.2.1. Diseño Experimental

Se utilizó el diseño experimental bifactorial, compuesto por dos factores: tipo de fungicida(A) y Pérdidas de sacarosa(B) con sus respectivos niveles como se muestra en la Tabla No. 1.

$$N^{\circ} \text{ total de pruebas} = (N^{\circ} \text{ matriz}) * (N^{\circ} \text{ Réplicas}) + \text{Prueba Patrón}$$

$$N^{\circ} \text{ total de pruebas} = (2) \times (15) + \text{prueba control}$$

$$N^{\circ} \text{ total de pruebas} = 31$$

**Tabla No. 1. Matriz de diseño experimental**

A	B
A1	A1 x B1
	A1 x B2
	A1 x B3
	A1 x B4
	A1 x B5
A2	A2 x B1
	A2 x B2
	A2 x B3
	A2 x B4
	A2 x B5
A3	A3 x B1
	A3 x B2
	A3 x B3
	A3 x B4
	A3 x B5

A: Tipo de Fungicida  
 A1: Bactol Q  
 A2: Proquat  
 A3: Procide  
 B: Pérdidas desacarosa.

### 3.2.2. Variables

**Tabla No. 2. Variables de diseño experimental.**

Tipo de variable	Variable	Definición	Unidades
Independiente	Tipo de fungicida	Naturaleza de cada fungicida	-
Dependiente	Pérdida de sacarosa	Cantidad de sacarosa perdida	Kg

### 3.2.3. Recolección de Información

Se hizo una recopilación de información de trabajos anteriormente realizados, relacionados con el tema de la investigación de base de datos de libros y revistas científicas.

### 3.2.4. Procedimiento Experimental

**Pruebas en blanco.** Se inició en el Área de Trapiche, tomando diariamente 1L de jugo primario y 1 L de jugo mezclado llevándolo al Control de Calidad por 5 días para realizar los análisis fisicoquímicos de los parámetros: %Azúcares Reductores, %Brix, Pol, Dextrana, %Inversión, %Sacarosa, %Pureza utilizando materiales, equipos de laboratorio, reactivos, y determinando mediante fórmulas los parámetros respectivos, registrando los resultados para verificar el comportamiento del jugo.

**Pruebas con fungicida.** Se realizó dosificación del fungicida, utilizando 70 L. de fungicida para una capacidad de 4000 Tn de jugo de caña diario, con una concentración de 20 ppm de fungicida.

Una vez preparado en el cilindro, se conectó a los molinos con mangueras para su dosificación en el tren de molienda. El fungicida Bactol Q, Proquat DDAC 52 y Procide BC 800 30H se dosificaron en los molinos 1 y 5. Se tomó la muestra de 1 L de jugo primario y 1 L de jugo mezclado para ser analizado.

El análisis fisicoquímico se realizó en laboratorio del Área de Control de Calidad, mediante el siguiente procedimiento:

- Determinación de Brix Refractométrico. Se filtró el jugo con ayuda de papel filtro. Luego se hizo la verificación del cero del refractómetro con agua destilada y la determinación del contenido °Brix en el

refractómetro. La lectura obtenida resulta el %Brix en la solución para una temperatura estándar de 20°C.

- **Determinación de Sacarosa.** Se tomó 200 ml en un vaso de precipitación y se añadió 2 ml de subacetato de plomo. Se agitó uniformemente y filtró desechando los primeros 25 ml. Se colocó en cero el polarímetro utilizando agua destilada, y luego se llenó el tubo de polarizar de 200 mm con la muestra filtrada. Para determinar el contenido de sacarosa se utilizó el cuadro de Schmitz's que correlaciona los °Brix y la lectura polarimétrica.
- **Determinación de Azúcares Reductores.** En un matraz Erlenmeyer se añadió 5 ml sulfato de cobre y 5 ml de solución de tartrato de sodio y potasio, y se mezcló a solución homogénea. Seguidamente se agregó de 10 ml de jugo, y llevó a ebullición por dos minutos, luego se añadió 3 a 4 gotas de azul de metileno. Se tituló gota a gota hasta la desaparición completa del color azul. Para determinar el contenido de azúcares reductores se utilizó el cuadro de Schmitz's que correlaciona los °Brix y la lectura polarimétrica.
- **Determinación de Pureza.** La pureza es la relación porcentual entre el porcentaje de sacarosa y el porcentaje Brix.
- **Determinación de Inversión.** Relaciona los parámetros de %Brix y %Azúcares Reductores.
- **Determinación de Dextrana.** Determinar el Brix del jugo, y tomar 20 ml de jugo previamente filtrado en un vaso de precipitación adicionando 4 ml de solución de ácido tricloroacético al 10% y 2 ml de solución de cloruro de bario al 10%. A la solución adicionar 2 gramos de ayuda filtrante mezclando bien y filtrar al vacío con papel filtro descartando los primeros ml de filtrado. Del filtrado tomar dos alícuotas de 10 ml en Erlenmeyer de 50 ml. A una de las alícuotas agregar 10 ml de agua destilada (blanco) y a la otra alícuota de 10 ml de etanol absoluto desde una bureta, agitando suavemente el Erlenmeyer durante la adición de alcohol. Inmediatamente después



Determinación de %Azúcares Reductores. Sustancias reductoras en jugos por el método de Lane y Eynon.

Titul. (cm <sup>2</sup> )	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
	Sustancias reductoras %									
2	2.37	2.24	2.12	2.00	1.95	1.87	1.80	1.73	1.67	1.61
3	1.56	1.52	1.47	1.43	1.39	1.35	1.31	1.27	1.24	1.21
4	1.17	1.14	1.11	1.08	1.05	1.03	1.01	0.99	0.97	0.95
5	0.93	0.91	0.90	0.88	0.86	0.85	0.84	0.82	0.80	0.79
6	0.78	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68
7	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.63	0.62	0.61	0.60	0.60
8	0.59	0.58	0.57	0.56	0.56	0.55	0.54	0.54	0.53	0.53
9	0.52	0.51	0.51	0.50	0.50	0.49	0.49	0.48	0.48	0.47
10	0.47	0.46	0.46	0.45	0.45	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43
11	0.42	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41	0.40	0.40	0.40	0.39
12	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36
13	0.36	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35	0.34	0.34	0.34	0.34
14	0.33	0.33	0.33	0.33	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.31
15	0.31	0.31	0.31	0.31	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.29
16	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
17	0.26	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26
18	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
19	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
20	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.22	0.23	0.23	0.22	0.22

Determinación del %Pureza Se utiliza la siguiente fórmula.

$$\% \text{Pureza} = \left( \frac{\% \text{Sacarosa}}{\% \text{Bri}} \right) \times 100$$

Determinación del %Inversión de Sacarosa. Se utiliza la siguiente fórmula, Donde:

$$\text{Red} \% \text{ Brix} = \left( \frac{\% \text{Az. Reductores}}{\% \text{Brix}} \right) \times 100$$

$$\%INVERSION = \left( \frac{RED\%BRIX_{MEZ} - RED\%BRIX_{PRIM}}{RED\%BRIX_{PRI}} \right) \times 100$$

Determinación de Pérdidas de Sacarosa.

- *Perdidas por inversión ácida*

$$\text{Kg Sacarosa/Tn Caña} = 0.095 \times \%Brix \text{ JP} \times \text{Diferencia Glucósica}$$

$$\text{Kg Azúcar} = ((\text{kg Sacarosa/Tn Caña}) / (\%Pol \text{ Azúcar})) \times 100$$

$$\text{Tn Azúcar perdida por día} = (\text{kg Azúcar} \times \text{Tn caña/día}) / 1000$$

- *Perdidas microbiológicas*

$$DR = (\%Dextrana / \%Sacarosa) \times 100$$

- *Contenido de dextrana en 100 g de jugo*

$$D_{\text{Rext}} = (100 \times 100) / \%Sacarosa \text{ jugo}$$

- *Contenido dextrana(gramos) en 1 kg de jugo*

$$GDR = (DR \times 1000) / D_{\text{Rext}}$$

- *Gramos sacarosa metabolizados en formación dextrana*

$$GSM = GDR \times (PM_{\text{sac}} / PM_{\text{gluc}})$$

- *Pérdidas de sacarosa (Kg)/ ton caña*

$$LSD = (GSM \times 2) (85\% \text{ext} / 100)$$

- *Pérdidas de sacarosa (Kg)/ día*

$$\text{Pérdidas (kg/ día)} = \text{LSD} * (\text{ton caña/ día})$$

#### Curva de Calibración para Determinación de Dextrana.

- En una fiola de 50 mL, preparar las siguientes soluciones estándares, a partir de la solución patrón de concentración (Cp) de dextrana de 1 mg/mL
- Adicionar con una bureta y gota a gota 10 mL de etanol absoluto al estándar (1) de dextrana. Agitar suavemente el Erlenmeyer durante la adición de alcohol.
- Inmediatamente después de terminar la adición de etanol, empezar a contar el tiempo por 20 minutos.
- De la misma manera descrita, adicionar etanol a cada uno de los estándares restantes con intervalos de 2 minutos (Estándares del 2 al 8).
- Después de los 20 minutos transcurridos de cada estándar, leer la absorbancia de cada uno de ellos en el espectrofotómetro, a longitud de onda igual a 720 nm usando el blanco para ajustar el cero en el instrumento.
- Elaborar la curva de Calibración graficando absorbancia "A" (ordenada Y) versus concentración "Cs" (abcisa X) en mg dextrana/mL.

#### 4. RESULTADOS

Luego de obtener 1 litro de jugo primario y 1 litro jugo mezclado procedente de los molinos, se llevó a laboratorio para analizar las características fisicoquímicas del jugo.

*Tabla No. 3. Comparación de %Brix de jugos sin fungicida y con fungicida. Fuente: Propia. 2021.*

Día	Jugo primario				Sin fungicida	Jugo mezclado		
	Sin fungicida	BactolQ	Proquat	Procide		BactolQ	Proquat	Procide
			DDAC 52	800 30H			DDAC 52	800 30H
1	17.76	17.42	16.12	17.21	14.68	14.11	14.37	15.34
2	18.15	16.85	17.94	19.35	15.21	13.68	14.82	17.42
3	16.53	15.68	18.15	18.32	14.98	13.92	15.24	15.61
4	15.14	17.61	18.23	17.10	13.36	14.74	15.11	15.12
5	17.24	17.54	16.48	17.65	14.97	15.23	14.56	15.48
<b>PROMEDIO</b>	16.96	17.02	17.38	17.93	14.64	14.34	14.82	15.79

**Tabla No. 4. Comparación de %sacarosa de jugos sin fungicida y con fungicida. Fuente: Propia. 2021.**

Día	Jugo primario				Sin fungicida	Jugo mezclado		
	Sin fungicida	BactolQ	Proquat	Procide		BactolQ	Proquat	Procide
			DDAC 52	800 30H			DDAC 52	800 30H
1	14.23	14.17	13.78	15.464	11.53	11.27	11.87	13.43
2	15.41	14.10	14.42	17.36	12.72	11.15	11.72	15.40
3	13.36	12.67	16.21	16.39	11.94	11.11	13.13	13.85
4	12.33	14.80	15.64	14.97	10.62	12.02	12.60	12.89
5	14.46	14.70	14.53	15.65	12.04	12.38	12.40	13.42
<b>PROMEDIO</b>	13.96	14.09	14.92	15.97	11.77	11.59	12.34	13.80

**Tabla No. 5. Comparación de %pureza de jugos sin fungicida y con fungicida. Fuente: Propia. 2021.**

Día	Jugo primario				Sin fungicida	Jugo mezclado		
	Sin fungicida	BactolQ	Proquat	Procide		BactolQ	Proquat	Procide
			DDAC 52	800 30H			DDAC 52	800 30H
1	80.12	81.34	85.48	89.85	78.54	79.87	82.60	87.53
2	84.90	83.68	80.38	89.72	83.63	81.51	79.08	88.40
3	80.82	80.80	89.31	89.47	79.71	79.81	86.15	88.73
4	81.44	84.04	85.79	87.54	79.49	81.55	83.39	85.25
5	83.87	83.81	88.17	88.67	80.43	81.29	85.16	86.69
<b>PROMEDIO</b>	82.23	82.74	85.83	89.05	80.36	80.81	83.28	87.32

**Tabla No. 6. Comparación de concentración de dextrana (ppm) de jugos sin fungicida y con fungicida. Fuente: Propia. 2021.**

Día	Jugo primario				Sin fungicida	Jugo mezclado		
	Sin fungicida	BactolQ	Proquat	Procide		BactolQ	Proquat	Procide
			DDAC 52	800 30H			DDAC 52	800 30H
1	2831	1476	1142	412	4124	1256	973	386
2	2635	1969	654	983	2527	1923	481	434
3	2422	1621	523	835	2238	1012	322	458
4	2794	1534	486	524	2612	1124	415	419
5	2936	1857	758	416	2786	1678	394	372
<b>PROMEDIO</b>	2724	1691	713	634	2857	1399	517	414

Tabla No. 7. Comparación de %azúcares reductores de jugos sin fungicida y con fungicida. Fuente: Propia. 2021.

Día	Jugo primario				Sin fungicida	Jugo mezclado		
	Sin fungicida	BactolQ	Proquat	Procide		BactolQ	Proquat	Procide
			DDAC 52	800 30H			DDAC 52	800 30H
1	1.57	1.12	0.59	0.74	1.59	1.01	0.57	0.71
2	0.65	0.74	1.09	0.49	0.68	0.69	0.99	0.47
3	0.74	0.59	0.75	0.52	0.85	0.60	0.68	0.48
4	0.90	0.78	0.65	0.71	0.96	0.75	0.58	0.66
5	1.14	0.85	0.36	0.52	1.24	0.84	0.34	0.48
<b>PROMEDIO</b>	1.00	0.82	0.69	0.60	1.06	0.78	0.63	0.56

**Tabla No. 8. Comparación de %inversión de sacarosa de jugos sin fungicida y con fungicida. Fuente: Propia. 2021.**

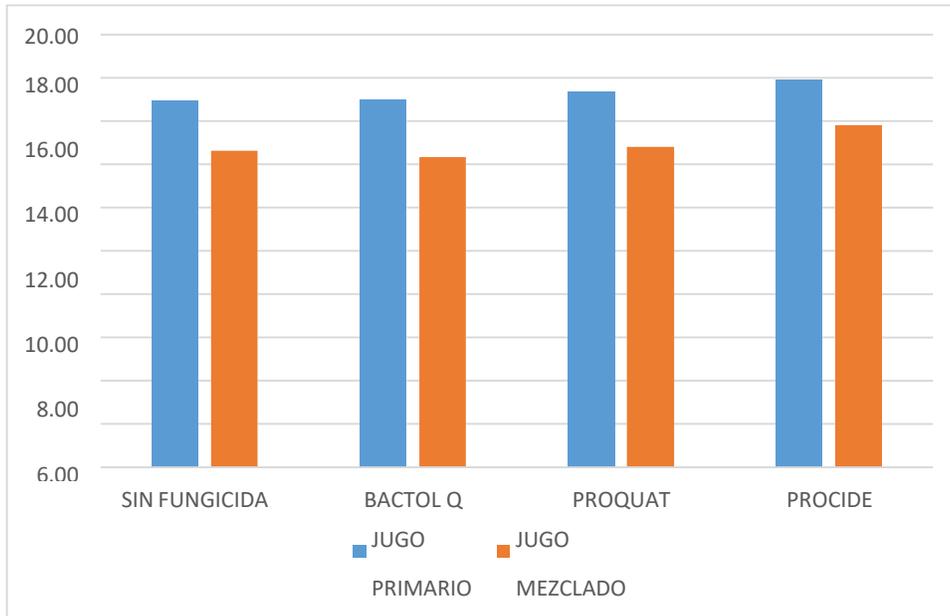
Día	Sin fungicida	BactolQ	Proquat	Procide
			DDAC 52	800 30H
1	22.52	11.33	8.38	7.64
2	24.84	14.85	9.95	6.55
3	26.75	14.55	7.98	8.33
4	20.88	14.88	7.66	5.13
5	25.27	13.81	6.90	5.25
<b>PROMEDIO</b>	24.05	13.88	8.17	6.58

**Tabla No. 9. Comparación de pérdidas de sacarosa por inversión ácida(kg) de jugos sin fungicida y con fungicida. Fuente: Propia. 2021.**

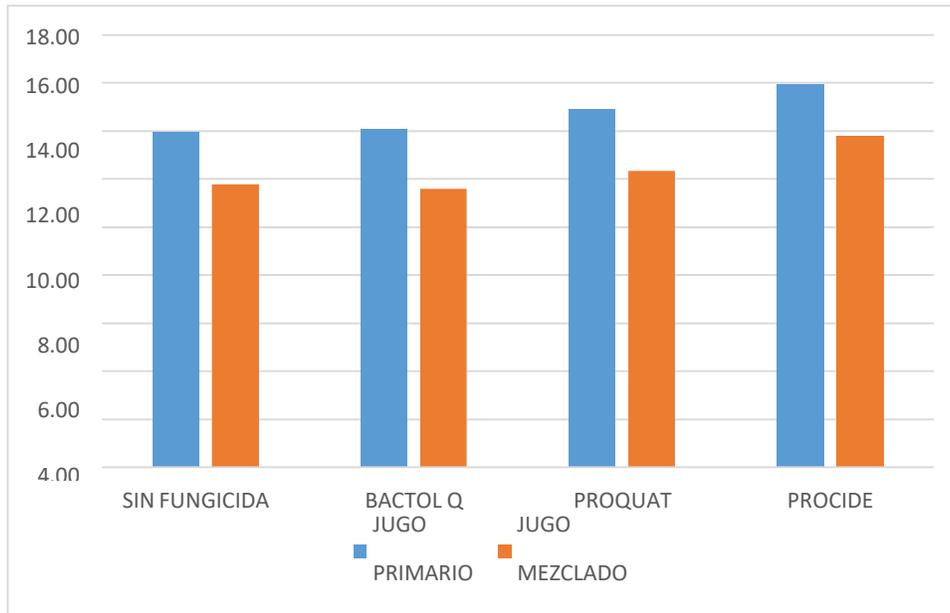
Día	Sin fungicida	BactolQ	Proquat	Procide
			DDAC 52	800 30H
1	14069.87	4703.24	1733.70	1877.84
2	5291.83	3753.30	4156.74	1155.75
3	7543.94	3397.06	2167.34	1495.26
4	6751.28	4051.94	1706.81	1377.74
5	8415.58	3686.32	919.82	1019.91
<b>PROMEDIO</b>	8414.50	3918.37	2136.88	1385.30

**Tabla No. 10. Comparación de pérdidas de sacarosa por inversión ácida(kg) de jugos sin fungicida y con fungicida. Fuente: Propia. 2021.**

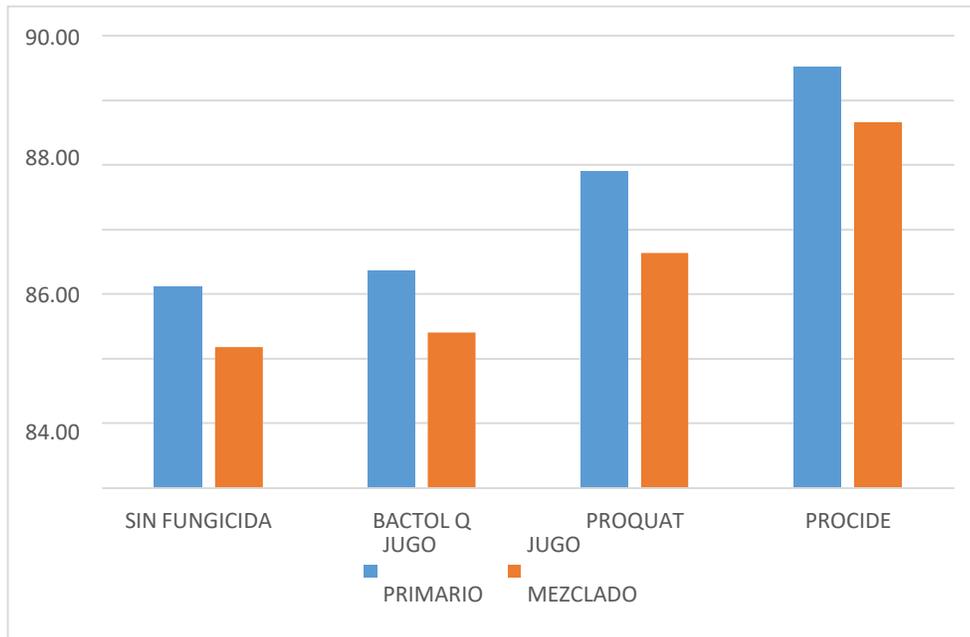
Día	Sin fungicida	BactolQ	Proquat	Procide
			DDAC 52	800 30H
1	44.40	16.62	12.30	4.25
2	26.85	21.30	7.06	8.61
3	28.91	17.55	5.22	7.32
4	32.67	15.08	5.07	5.69
5	26.81	17.84	6.84	4.72
<b>PROMEDIO</b>	31.93	17.68	7.30	6.12



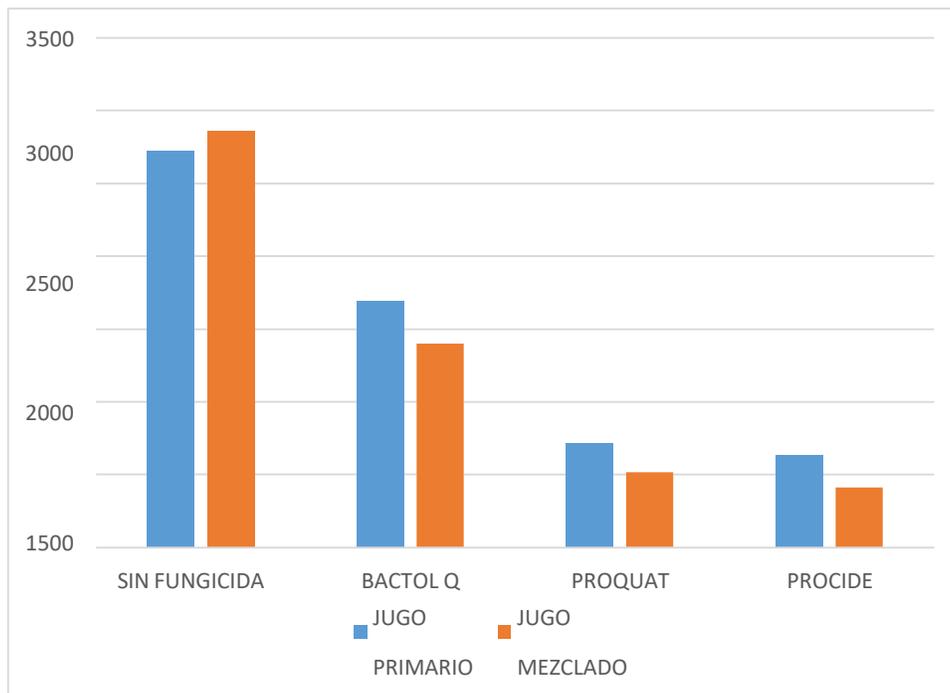
**Figura No. 3. Comparación de %Brix del jugo sin Fungicida y con Fungicidas. Fuente: Propia, 2021.**



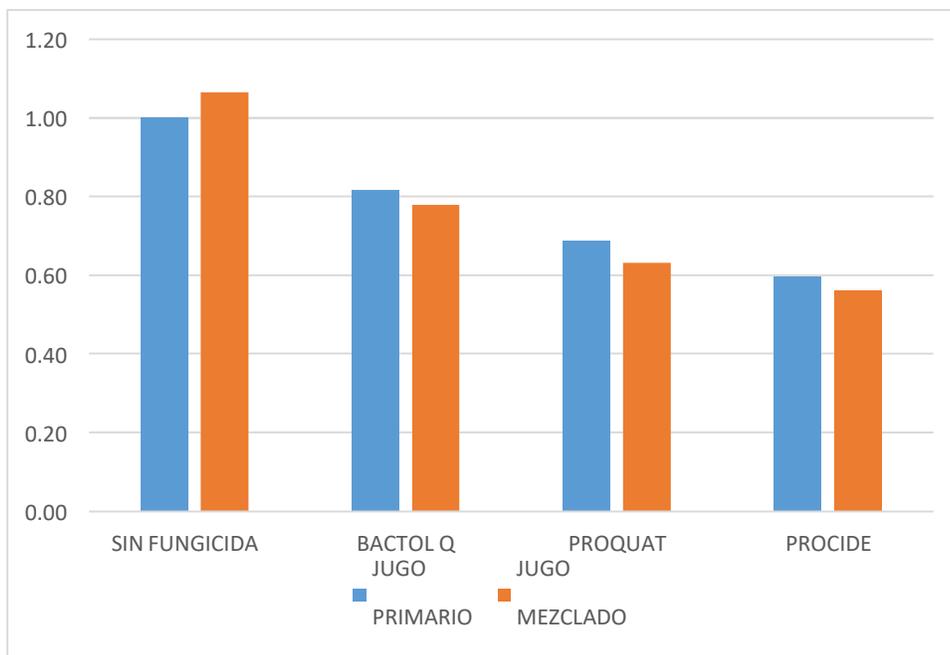
**Figura No. 4. Comparación de %Sacarosa jugo sin Fungicida y con Fungicidas. Fuente: Propia, 2021.**



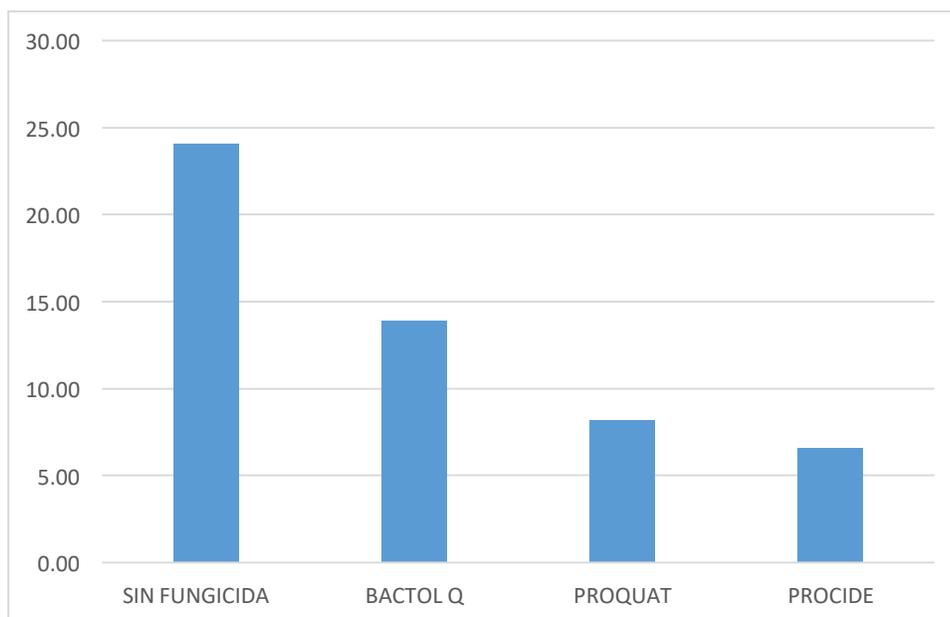
**Figura No. 5. Comparación de %Pureza jugo sin Fungicida y con Fungicidas. Fuente: Propia, 2021.**



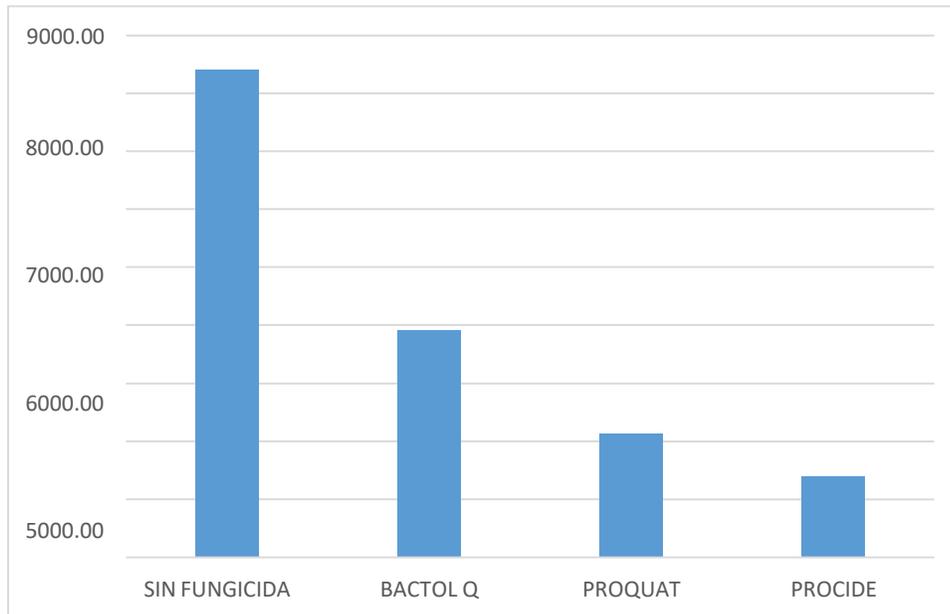
**Figura No. 6. Comparación de la Concentración de Dextrana (ppm) del jugo sin Fungicida y con Fungicidas. Fuente: Propia, 2021.**



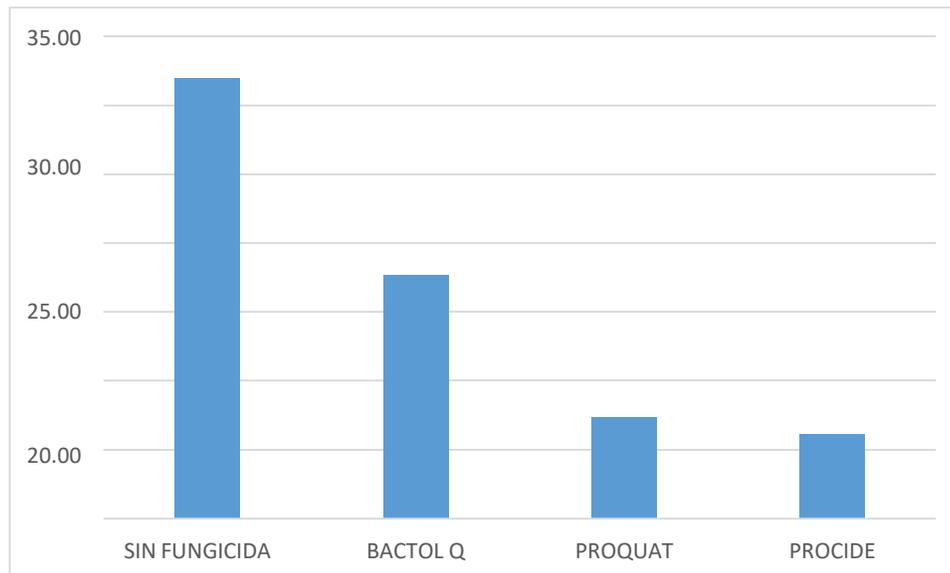
**Figura No. 7. Comparación de %Azúcares Reductores del jugo sin Fungicida y con Fungicida. Fuente: Propia, 2021.**



**Figura No. 8. Comparación de %Inversión de Sacarosa del jugo sin Fungicida y con Fungicida. Fuente: Propia, 2021.**



**Figura No. 9. Comparación de Pérdidas de sacarosa (Kg) por Inversión Ácida del jugo sin Fungicida y con Fungicida. Fuente: Propia, 2021.**



**Figura No. 10. Comparación de Pérdidas de Sacarosa (Kg) por Inversión Microbiológica del jugo sin Fungicida y con Fungicida. Fuente: Propia, 2021.**

## 4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Del análisis de los resultados (%Brix, %Sacarosa, %Pureza, %Dextrana, %Azúcares Reductores) de los jugos durante 5 días continuos mostrados en las tablas 3 al 10, se establece lo siguiente:

- De acuerdo a la Tabla 3, referente al %Brix promedio utilizando fungicida Procide 800 30H para jugo primario es de 17.93% y jugo mezclado de 15.79%, aumentando su %Brix en un 6.8% con respecto al jugo sin fungicida. Muestra que el %Brix va aumentando al utilizar fungicidas y la disminución de pérdidas de sacarosa se ve favorecida, debido al control químico en la inversión.
- En la Tabla 4, se observa el %Sacarosa promedio de jugo primario con fungicida Procide 800 30H es de 15.97% y para jugo mezclado es de 13.80%, aumentando el %Sacarosa en 15.80% con respecto al jugo sin fungicida, produciendo una disminución de pérdidas de sacarosa debido al control del %Inversión al utilizar el fungicida.
- Conforme a la Tabla 5, se muestra el %Pureza promedio usando fungicida Procide 800 30H para jugo primario de 89.05% y para jugo mezclado de 87.32%, aumentando el %Pureza en 8.50% con respecto al jugo sin fungicida, siendo proporcional al aumento del %Sacarosa y demostrando una disminución de pérdidas de sacarosa
- De acuerdo a la Tabla 6, referente a la concentración de Dextrana promedio para jugo primario con fungicida Procide 800 30H es de 634 ppm y para jugo mezclado de 414 ppm, disminuyendo la concentración de Dextrana en 81.12% con respecto al jugo sin fungicida, verificándose un adecuado control químico por el fungicida que eleva el pH del medio evitando el crecimiento bacteriano y disminuyendo las pérdidas de sacarosa.
- En la Tabla 7, se observa %Azúcares Reductores promedio para los jugos sin fungicida se encuentra mayor a 0.6%. El %Azúcares

Reductores siendo el indicador más empleado, su incremento nos muestra la detección de pérdidas de sacarosa. Con la aplicación del fungicida Procide 800 30H el jugo primario tiene 0.60% y jugo mezclado 0.56%, disminuyendo el %Azúcares Reductores en 43.88% con respecto al jugo sin fungicida, mostrando la disminución de pérdidas de sacarosa y %Inversión.

- Conforme a la Tabla 8, se muestra el %Inversión de sacarosa promedio para los jugos sin fungicida con 24.05% y con fungicida Procide 800 30H es 6.58%, disminuyendo el %Inversión en 72.64% demostrando ser el fungicida más eficiente en controlar las pérdidas de sacarosa en jugos.
- De acuerdo a la Tabla 9, referente a Pérdidas de sacarosa promedio (kg) por inversión ácida sin fungicida son de 8414.50 kg, mientras con fungicida Procide 800 30H es de 1385.30 kg, las cuales disminuyen en 83.54%, mostrando el control químico en la inversión ácida
- En la Tabla 10, se observa las Pérdidas de sacarosa promedio (kg) por inversión microbiológica sin fungicida son de 31.93 kg, mientras con fungicida Procide 800 30H es de 6.12 kg, las cuales disminuyen en 80.85%, mostrando el control en la inversión microbiológica.

## CONCLUSIONES

La presente investigación muestra utilizando el fungicida Procide 800 30H tiene un control más eficiente de los parámetros %Brix, %Sacarosa, %Pureza, %Azúcares Reductores, Concentración de Dextrana, %Inversión y Pérdidas de Sacarosa, llegando a ajustar el pH del medio, aumentando el %Sacarosa y disminuyendo el %Inversión.

De los resultados obtenidos de la presente investigación sobre la evaluación de los fungicidas en disminución de pérdidas de sacarosa se recomienda:

- Hacer una adecuada limpieza en el tren de molienda, en el cual se acumula los microorganismos que trae el jugo, produciendo sustancias viscosas y gomas.
- Investigar otras formulaciones fungicidas para el control de la inversión de sacarosa.
- Investigar la disminución de pérdidas de sacarosa tomando en cuenta otros parámetros de proceso como pH, temperatura y dosificación del fungicida.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez Flores, G. E. (2012). *Comparación entre dos métodos para la reducción de cargas bacterianas en molinos de una industria azucarera*. 27.
- Benítez, J. P., & Guagalango, R. R. (2011). *Evaluación de dos Biocidas e Implicaciones Económicas del Procedimiento de Sanitización de Jugos de Caña en el Área de Molinos del IANCEM*. 19.
- Chen, J. (2004). *Manual de Caña de Azúcar*. México: Limusa.
- Clarke, M., Roberts, E., Godshall, M., Brannan, M., Carpenter, F., & Coll, E. (1980). *Sucrose Loss in the Manufacture of the Cane Sugar. Cane Sugar Refining Research Project, Inc.*
- ICUMSA *Methods Book*. (2013). ICUMSA. Berlín: Berlag Dr. Albert Bartens KG.
- Irnrie, F., & Tilbury, R. (1972). *Polysaccharides in sugarcane and its products*. Sugar Technology, 291-363.
- Kulkarni, V., & Warne, D. (2004). *Reduction of sugar loss due to cut to mill delay by the application of a unique new chemical composition called sucroguard . Proc S Afr Sug Technol Ass , 78.*
- López Martínez, K. L. (2013). *Evaluación de Pérdidas de Sacarosa en el Tándem de Molinos del Área de Extracción del Ingenio Monte Rosa Zafra (2011-2012)*. 122-123.
- Rain, P. (2012). *Ingeniería de la Caña de Azúcar*. Berlín: Verlag Dr. Albert Bartens KG.
- Singh, P., Solomon , S., Shrivastava, A., Prajapati, C., & Singh, R. (2008). *Post-harvest deterioration of sugarcane and its relationship with the activities of invertase and dextransucrase during late-crushing season in sub-tropics*. Sugar Tech, 133-136.
- Solomon, S., Banerji, R., Shrivastava, A., Singh, P., Singh, I., Verma, M., . . . Sawnani, A. (2006). *Post-Harvest Deterioration os sugarcane and Chemical Methods to Minimize Sucrose Losses*. Indian Institute of Sugarcane Research, 74-78.
- Solomon, S., Ramadurai, R., Shanmugnathan, S., Shrivastava, A., Deb, S., & Singh, I. (2003). *Management of Biological Losses in Milling Tandem to Improve Sugar Recovery*. Sugar Tech, 137-142.

- Solomon, S., Singh, I., Shrivastava, K., Singh, R., & Singh, J. (2006). *Post-harvest Quality Deterioration of Cane Juice: Physio-biochemical Indicators*. Sugar Tech, 128-131.
- Solomon, S., Singh, P., Shrivastava, A., Singh, P., Chandra, A., Jain, R., & Prajapati, C. (2011). *Physico-Chemical Method of Preserving Sucrose in Harvested Sugarcane at High Ambient Temperature in a Sub-Tropical Climate*. Sugar Tech, 60–67.
- Tecnicaña. (1989). *Manual de Laboratorio para la Industria Azucarera*. Tecnicaña, 59-66.
- Zepeda Guardado, E. R. (2012). Propuesta de Alternativas para la Reducción de Pérdidas de Sacarosa en un Ingenio Azucarero. 87.