



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS**

**AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**“EVALUACIÓN DE DOS BIOCIDAS E IMPLICACIONES  
ECONÓMICAS DEL PROCEDIMIENTO DE SANITIZACIÓN DE JUGOS  
DE CAÑA EN EL ÁREA DE MOLINOS DEL IANTEM”**

**Tesis previa a la obtención del Título de:  
Ingeniero Agroindustrial**

**AUTORES: Benítez Carranco Jonatan Paúl  
Guagalango Guagalango Raúl Rafael**

**DIRECTOR: Ing. Walter Quezada M. MSc**

**Ibarra – Ecuador**

**2011**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**“EVALUACIÓN DE DOS BIOCIDAS E IMPLICACIONES  
ECONÓMICAS DEL PROCEDIMIENTO DE SANITIZACIÓN DE JUGOS  
DE CAÑA EN EL ÁREA DE MOLINOS DEL IANCIEM”**

Tesis revisada por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como  
requisito parcial para obtener el Título de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**APROBADA**

**Ing. Walter Quezada M. MSc.**  
Director

.....

**Ing. Milton Nuñez**  
Asesor

.....

**Ing. Hernán Cadena**  
Asesor

.....

**Ing. Eduardo Villareal**  
Asesor

.....

**Ibarra – Ecuador  
2011**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO 1			
<b>Cédula de identidad:</b>	100255616 – 3		
<b>Apellidos y nombres:</b>	Benítez Carranco Jonatan Paúl		
<b>Dirección:</b>	Caranqui – Princesa Paccha 5 – 97		
<b>Email:</b>	justan_pull@hotmail.com		
<b>Teléfono fijo:</b>	062652824	<b>Teléfono móvil:</b>	097231430

DATOS DE CONTACTO 2			
<b>Cédula de identidad:</b>	100262861 – 6		
<b>Apellidos y nombres:</b>	Guagalango Guagalango Raúl Rafael		
<b>Dirección:</b>	Daniel Reyes y Armando Hidrobo (Yuyuchocha)		
<b>Email:</b>	raul_rafaldu@hotmail.com		
<b>Teléfono fijo:</b>		<b>Teléfono móvil:</b>	093820206

DATOS DE LA OBRA	
<b>Título:</b>	“Evaluación de dos biocidas e implicaciones económicas del procedimiento de sanitización de jugos de caña en el área de molinos del IANCEM”
<b>Autores:</b>	Benítez Jonatan, Guagalango Raúl
<b>Fecha:</b>	18 de octubre de 2011
<b>Solo para trabajos de grado</b>	
<b>Programa:</b>	Pregrado
<b>Título por el que opta:</b>	Ing. Agroindustrial
<b>Director:</b>	Ing. Walter Quezada M. MSc.

## **2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Nosotros, **Jonatan Paúl Benítez Carranco**, con cédula de ciudadanía Nro. **100255616 – 3** y **Raúl Rafael Guagalango Guagalango**, con cédula de ciudadanía Nro. **100262861 – 6**; en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hacemos entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizamos a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 143.

## **3. CONSTANCIAS**

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 1 de Noviembre del 2011

**LOS AUTORES:**

**ACEPTACIÓN:**

\_\_\_\_\_  
Jonatan Paúl Benítez Carranco

100255616 – 3

\_\_\_\_\_  
Raúl Rafael Guagalango Guagalango

100262861 – 6

\_\_\_\_\_  
Esp. Ximena Vallejo

**JEFE DE BIBLIOTECA**

Facultado por resolución del Honorable Consejo Universitario: Oficio N° 073 – HCU – UTN.



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Nosotros, **Jonatan Paúl Benítez Carranco**, con cédula de ciudadanía Nro. **100255616 – 3** y **Raúl Rafael Guagalango Guagalango**, con cédula de ciudadanía Nro. **100262861 – 6** ; manifestamos la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autores de la obra o trabajo de grado denominada **“EVALUACIÓN DE DOS BIOCIDAS E IMPLICACIONES ECONÓMICAS DEL PROCEDIMIENTO DE SANITIZACIÓN DE JUGOS DE CAÑA EN EL ÁREA DE MOLINOS DEL IANCEM”**, que ha sido desarrolla para optar por el título de **Ingenieros Agroindustriales** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte

---

Jonatan Paúl Benítez Carranco

100255616 – 3

---

Raúl Rafael Guagalango Guagalango

100262861 – 6

Ibarra, 1 de Noviembre del 2011

Guía: 2531  
Fecha: 10 – 10 - 2011

FICAYA-UTN

**BENÍTEZ CARRANCO JONATAN PAÚL, GUAGALANGO GUAGALANGO RAÚL RAFAEL.** “Evaluación de dos biocidas e implicaciones económicas del procedimiento de sanitización de jugos de caña en el área de molinos del IANCEM” / TRABAJO DE GRADO. Ingenieros Agroindustriales Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agroindustrial Ibarra. EC. Octubre del 2011. 109p. 3 anexos.

**DIRECTOR: Ing. Walter Quezada M. MSc.**

El objetivo principal de la presente investigación fue, evaluar el impacto de dos biocidas e implicaciones económicas del procedimiento de sanitización de jugos de caña en el área de molinos. Entre los objetivos específicos se estableció una dosis adecuada del biocida favorablemente en el rendimiento de la sacarosa, además se analizó las propiedades físico químicas de los jugos y el índice de infestación en cada uno de los molinos con el fin de determinar el impacto económico que conlleva la aplicación de los biocidas.

Fecha: 18 de Octubre del 2011

---

Ing. Walter Quezada M. MSc.  
Director de Tesis

---

Jonatan Paúl Benítez Carranco  
Autor

---

Raúl Rafael Guagalango Guagalango  
Autor

## DEDICATORIA

A mis padres **Víctor y Magdalena** que siempre me han dado su apoyo incondicional y a quienes debo este triunfo profesional, por todo su trabajo y dedicación para darme una formación académica y sobre todo humanista y espiritual.

Al igual que a mis hermanos que me apoyaron y confiaron en mí.

*JONATAN BENÍTEZ*

A **Dios** que con su sabiduría colaboró para la culminación de una etapa más de mi vida.

A mis padres **Milton** Guagalango y **Faviola** Guagalango quienes con esfuerzo y dedicación siempre han estado para apoyarme y así cumplir con mi sueño de ser profesional. A mis hermanos por brindarme su cariño.

*RAÚL GUAGALANGO*

# AGRADECIMIENTO

A **nuestros padres** y a todas las personas que aportaron con sus ideas, nos brindaron su tiempo y arrimaron el hombro para que la presente investigación se la pueda realizar de la mejor manera, para ello dejo en constancia nuestro agradecimiento a:

- ❖ El Ingenio Azucarero del Norte IANCEM por ser el promotor y auspiciante de la presente investigación.
- ❖ A los Ingenieros Alberto Enríquez Presidente y Fausto Rivera Gerente Técnico por abrirnos las puertas de la empresa y brindarnos todas las facilidades para un buen desempeño de la investigación.
- ❖ A los Ingenieros Rubén Guzmán Jefe de Laboratorio y Jorge Castro Jefe de producción del Ingenio Azucarero del Norte, por aportar con sus ideas y un constante seguimiento en la ejecución de la fase experimental e investigativa del trabajo realizado por nuestra parte.
- ❖ A la Universidad Técnica del Norte y a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales por todo su aporte académico que supo brindarnos durante nuestra carrera.
- ❖ Al Ingeniero Walter Quezada por su entera colaboración como director de tesis además por su amistad, confianza y apoyo incondicional de manera personal y profesional.
- ❖ A los ingenieros Milton Núñez, Hernán Cadena, Eduardo Villareal por formar parte del comité asesor.

LOS AUTORES

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>	
<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES</b>		
1.1	INTRODUCCIÓN	1
1.2	OBJETIVOS	3
1.2.1	General	3
1.2.2	Específicos	3
1.3	HIPÓTESIS	4
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>		
2.1.	INDUSTRIA AZUCARERA	5
2.1.1.	Producción de azúcar en el país	5
2.2.	LA CAÑA	6
2.2.1.	Composición química de la caña	7
2.3.	AZÚCARES Y NO AZÚCARES	8
2.3.1	Su importancia en la fabricación de azúcar	9
2.3.2.	Sacarosa	9
2.3.3.	Compuestos de la sacarosa	10
2.3.3.1.	Dextrosa	10
2.3.3.2.	Levulosa	11
2.3.3.3.	Almidón	12
2.3.3.4.	Pectina	12
2.3.3.5.	Ácidos orgánicos	12
2.3.3.6.	Cera	13
2.3.3.7.	Materiales colorantes	13
2.3.3.8.	Ceniza	14
2.3.3.9.	Cuerpos nitrogenados	14
2.3.3.10.	Azúcar invertido	14

2.3.4.	Solubilidad de la sacarosa	14
2.4.	<b>GENERALIDADES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR</b>	15
2.4.1.	Obtención de azúcar	16
2.4.1.1	Fase Agrícola	16
2.4.1.1.1	Cultivo	16
2.4.1.1.2	Zafra	16
2.4.1.1.3	Transporte	16
2.4.1.2	Fase Industrial	16
2.4.1.2.1	Molienda	16
2.4.1.2.2	Clarificación	17
2.4.1.2.3	Evaporación	17
2.4.1.2.4	Cocción	17
2.4.1.2.5	Cristalización	17
2.4.1.2.6	Centrifugado	17
2.4.1.2.7	Secado	17
2.5.	<b>EXTRACCION DE JUGO</b>	18
2.5.1.	La calidad de la materia prima	18
2.5.2.	Pesaje de la caña	20
2.5.3	Limpieza de la caña	20
2.5.4.	Preparación de la caña para molienda	20
2.5.5.	Molienda	21
2.5.6	Maceración, imbibición	22
2.5.6.1.	Tipos de imbibición	22
2.5.6.2.	Agua de imbibición caliente o fría	23
2.6.	<b>CALIDAD DE LOS JUGOS</b>	23
2.6.1.	Composición de los guarapos de molino	23
2.6.2.	Características físico químicas de los jugos	24
2.6.2.1.	pH y acidez	25
2.6.2.2.	Grados Brix	25
2.6.2.3.	Pol	26
2.6.2.4.	Azúcares Reductores	27

2.6.2.5.	Pureza	28
2.6.2.6.	Índice de infestación	28
2.7.	<b>PÉRDIDAS DE SACAROSA EN FÁBRICA</b>	28
2.7.1.	Clasificación de las pérdidas	29
2.7.1.1.	Pérdidas determinadas	29
2.7.1.1.1.	Bagazo	29
2.7.1.1.2.	Cachaza	29
2.7.1.2.	Pérdidas indeterminadas	30
2.7.2.	Inversión de sacarosa	32
2.7.3.	Causas microbiológicas de la pérdida de azúcar	32
2.7.3.1.	Microflora inicial	32
2.7.3.2.	Efectos del procesado sobre los microorganismos	33
2.7.3.2.1.	Recolección	33
2.7.3.2.2.	Extracción	34
2.7.4.	Dextranas	34
2.7.4.1	Efecto perjudicial de las dextranas en la producción de azúcar	36
2.8.	<b>SANEAMIENTOS EN MOLINOS</b>	37
2.9.	<b>BIOCIDAS</b>	38
2.9.1.	Usos de los biocidas	39
2.9.2.	Función de los biocidas	40
2.9.3.	Requerimientos para los bactericidas	41
2.9.4.	Puntos de aplicación	41
2.10.	<b>IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES DE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR</b>	42
2.10.1.	Empleo	42
2.10.2.	Salud y seguridad	43
2.10.3.	Impactos sobre las aguas superficiales	43
2.10.4.	Impacto sobre las aguas subterráneas	44
2.10.5.	Impactos sobre la atmósfera	45
2.10.6.	Impacto sobre la fauna	45
2.10.7.	Erosión	46

### **CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1.	MATERIALES	47
3.1.1.	Equipos	47
3.1.2.	Instrumentos	47
3.1.3.	Reactivos	47
3.2.	MÉTODOS	48
3.2.1.	Caracterización del área de estudio	48
3.2.1.1.	Ubicación del experimento	48
3.2.2.	Tratamientos en estudio	48
3.2.3.	Diseño experimental	49
3.2.3.1.	Tipo de diseño	49
3.2.3.2.	Características de experimento	49
3.2.3.3.	Características de la unidad experimental	49
3.2.3.4.	Análisis estadístico	49
3.2.4.	Variables a evaluarse	50
3.2.4.1.	Variables Cuantitativas	50
3.2.5.	Manejo específico del experimento	53
3.2.5.1	Puntos de aplicación y muestreo del jugo en el área de molinos del IANCEM	54

### **CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES**

4.1	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES	56
4.1.1	Análisis del pH	56
4.1.2	Análisis de los ° Brix	58
4.1.3	Análisis de Pol	60
4.1.4	Análisis de azúcares reductores	63
4.1.5	Análisis del índice de infestación	66

4.2	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES CON RELACIÓN A LAS DOSIS DE LOS BIOCIDAS	69
4.3	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS JUGOS DE CAÑA EN CADA UNA DE LAS SEMANAS	74
4.4	ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE INFESTACIÓN DE CADA UNO DE LOS MOLINOS APLICANDO UNA DOSIS DE 10 PPM DE LOS BIOCIDAS PROQUAT BC 50 Y PROCIDE BC 800 30 H	90
4.5	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE SACAROSA INVERTIDA CON RELACIÓN A LA POL DE CAÑA DE CADA UNA DE LAS SEMANAS	92
4.6	ANÁLISIS DE COSTOS	95

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	CONCLUSIONES	97
5.2	RECOMENDACIONES	99
	RESUMEN	100
	SUMMARY	103
	BIBLIOGRAFÍA	105
	ANEXOS	110

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
<b>Cuadro 1</b> Composición de la caña de azúcar y los sólidos del guarapo	8
<b>Cuadro 2</b> Solubilidad de la sacarosa en agua destilada de 0 a 100 °C de temperatura	15
<b>Cuadro 3</b> Datos obtenidos: Imbibición compuesta de un tándem de doble desmenuzadora y de 15 rodillos	24
<b>Cuadro 4</b> Tratamientos evaluados	48
<b>Cuadro 5</b> Esquema de Análisis de Varianza ADEVA	49
<b>Cuadro 6</b> Valores obtenidos del pH del jugo primario para cada uno de los tratamientos	56
<b>Cuadro 7</b> ADEVA de la variable pH	57
<b>Cuadro 8</b> Valores obtenidos del ° Brix del jugo primario para cada uno de los tratamientos	58
<b>Cuadro 9</b> ADEVA de la variable ° Brix	59
<b>Cuadro 10</b> Valores obtenidos de Pol del jugo primario para cada uno de los tratamientos	60
<b>Cuadro 11</b> ADEVA de la variable Pol	60
<b>Cuadro 12</b> Prueba TUKEY al 5% para tratamientos de la variable Pol	61
<b>Cuadro 13</b> Valores obtenidos del análisis de azúcares reductores del jugo primario para cada uno de los tratamientos	63
<b>Cuadro 14</b> ADEVA de la variable azúcares reductores	63
<b>Cuadro 15</b> Prueba TUKEY al 5% para tratamientos de la variable azúcares reductores	64
<b>Cuadro 16</b> Valores obtenidos del análisis del índice de infestación del jugo primario para cada uno de los tratamientos	66
<b>Cuadro 17</b> ADEVA de la variable índice de infestación	66

<b>Cuadro 18</b>	Prueba TUKEY al 5% para tratamientos de la variable índice de infestación	67
<b>Cuadro 19</b>	Análisis semanal de los jugos de caña con dosificación en el molino 2 y 3 (evaluación preliminar)	74
<b>Cuadro 20</b>	Análisis semanal de los jugos de caña sin dosificación de biocida	77
<b>Cuadro 21</b>	Análisis semanal de los jugos de caña con dosificación del biocida PROCIDE BC 800 30H (10ppm), en los molinos 2 y 3	79
<b>Cuadro 22</b>	Análisis semanal de los jugos de caña con dosificación del biocida PROQUAT BC 50 (10ppm), en los molinos 2 y 3	82
<b>Cuadro 23</b>	Análisis semanal de los jugos de caña con dosificación del biocida PROQUAT BC 50 (10ppm), en los molinos 2 y 4	84
<b>Cuadro 24</b>	Análisis semanal de los jugos de caña con dosificación del biocida PROCIDE BC 800 30 H (10ppm), en los molinos 2 y 4	87
<b>Cuadro 25</b>	Análisis de la sacarosa invertida en cada uno de los molinos y la Pol de caña en las diferentes semanas	92
<b>Cuadro 26</b>	Análisis de las pérdidas de sacarosa y costo de Kg de los biocidas	94
<b>Cuadro 27</b>	Análisis de las pérdidas de azúcar en Kg y pérdidas económicas mensual - anual con relación a la calidad de materia prima	95

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Página</b>	
<b>Gráfico 1</b>	Formación de la sacarosa	10
<b>Gráfico 2</b>	Estructura química de la Glucosa	11
<b>Gráfico 3</b>	Estructura química de la Levulosa	11
<b>Gráfico 4</b>	Estructura química del Almidón	12
<b>Gráfico 5</b>	Esquema conceptual de las exigencias de calidad de la materia prima y del azúcar	19
<b>Gráfico 6</b>	Estructura de una dextrana	35
<b>Gráfico 7</b>	Sistema óptimo de dosificación de biocida en un tren de molienda dependiendo del sistema de circulación de jugos	42
<b>Gráfico 8</b>	Comportamiento de las medias para la Pol	62
<b>Gráfico 9</b>	Comportamiento de las medias para los Azúcares Reductores	65
<b>Gráfico 10</b>	Comportamiento de las medias del índice de infestación	68
<b>Gráfico 11</b>	Comportamiento de las diferentes dosis de los biocida y testigo con relación al pH de los jugos de caña	69
<b>Gráfico 12</b>	Comportamiento de las diferentes dosis de los biocidas y testigo con relación a los ° Brix de los jugos de caña	70
<b>Gráfico 13</b>	Comportamiento de las diferentes dosis de los biocidas y testigo con relación a los Pol de los jugos de caña	71
<b>Gráfico 14</b>	Comportamiento de las diferentes dosis de los biocidas y testigo con relación al % azúcares reductores de los jugos de caña	72
<b>Gráfico 15</b>	Comportamiento de las diferentes dosis de los biocidas y testigo con relación al índice de infestación de los jugos de caña	73

<b>Gráfico 16</b>	Comportamiento ° Brix vs. I.F. de cada molino durante la semana preliminar de dosificación en los molinos 2 y 3	76
<b>Gráfico 17</b>	Comportamiento ° Brix vs. I.F. de cada molino durante la semana sin dosificación de biocida	78
<b>Gráfico 18</b>	Comportamiento ° Brix vs. I.F. de cada molino durante la semana de dosificación del biocida PROCIDE BC 800 30 H (10ppm), en los molinos 2 y 3	81
<b>Gráfico 19</b>	Comportamiento ° Brix vs. I, F. de cada molino durante la semana de dosificación del biocida PROQUAT BC 50 (10ppm), en los molinos 2 y 3	83
<b>Gráfico 20</b>	Comportamiento ° Brix vs. I.F. de cada molino durante la semana de dosificación del biocida PROQUAT BC 50 (10ppm), en los molinos 2 y 4	86
<b>Gráfico 21</b>	Comportamiento ° Brix vs. I.F. de cada molino durante la semana de dosificación del biocida PROCIDE BC 800 30 H (10ppm), en los molinos 2 y 4	88
<b>Gráfico 22</b>	Curvas del índice de infestación de los molinos correspondientes a las semanas analizadas	90
<b>Gráfico 23</b>	Comparación semanal de sacarosa invertida en molinos	93

## **CAPÍTULO I: GENERALIDADES**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

El Ingenio Azucarero del Norte es una de las principales agroindustrias de la región. Se encuentra ubicado en el Valle del Chota, con una capacidad de fábrica promedio de 50 TCH, constituye una fuente importante de generación de trabajo de manera directa e indirecta.

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. Según McCIeery (1969), en estudios realizados sobre estas pérdidas reporta que pueden alcanzar hasta el 1.0% de la sacarosa en el jugo. (n.f).

El jugo de la caña no tratado químicamente al pasar por las canaletas y cañerías durante la recirculación, 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.

En los ingenios, las pérdidas de azúcar se cuantifican mediante balances de sacarosa, en diferentes partes del proceso.

- ✓ El ingreso de caña de azúcar a la fábrica,
- ✓ El ingreso de jugo mixto a la fábrica
- ✓ Perdidas de sacarosa en el bagazo, cachaza y melaza
- ✓ Perdidas indeterminadas

El azúcar no detectado mediante el balance sacarosa se registra como “pérdidas indeterminadas” las cuales atribuyen a factores como la actividad microbiológica y a características físico químicas del proceso que favorecen la inversión de la molécula en sus azúcares reductores.

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 uso de biocidas no afecta al proceso de fabricación del azúcar por el contrario, previene fermentaciones responsables de alteraciones organolépticas.

Debido a todas estas consideraciones, creemos de extrema importancia el aportar con la presente investigación de las pérdidas de sacarosa cristalizable que se genera en el área de molinos del IANCEM. Brindar opciones que permitan mejorar y optimizar los actuales sistemas de desinfección de ataque microbiano, pues, actualmente no hay evidencia contundente que sustente el beneficio de aplicar o no biocidas, o de otros productos usados para este fin.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo general:**

- Evaluar el impacto de dos biocidas e implicaciones económicas del procedimiento de sanitización de jugos de caña en el área de molinos del IANCEM.

### **1.2.2. Objetivos específicos:**

- Establecer una dosis adecuada de los biocidas PROQUAT BC 50 (ppm), PROCIDE BC 800 30 H (ppm), que actúe favorablemente en el rendimiento de sacarosa.
- Evaluar las propiedades físico químicas (pH, ° Brix, Pol, Azúcares Reductores) de los jugos de caña aplicados los biocidas y el testigo.
- Evaluar el índice de infestación de los jugos procedentes de cada uno de los molinos.
- Determinar el impacto económico que conlleva la aplicación o no de tratamiento bioquímico, mediante rendimiento de azúcar.

### **1.3. HIPÓTESIS**

#### **1.3.1. Nula**

**H<sub>0</sub>**= La aplicación de los biocidas (PROQUAT BC 50 y PROCIDE BC 800 30 H) no influyen en el rendimiento de sacarosa.

#### **1.3.2. Alternativa**

**H<sub>a</sub>**= La aplicación de los biocidas (PROQUAT BC 50 y PROCIDE BC 800 30 H) influyen en el rendimiento de sacarosa.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. INDUSTRIA AZUCARERA**

El sector azucarero ecuatoriano, tiene gran importancia en la economía ya que el azúcar contribuye al PIB con el 1.4 %. Y con relación al PIB agrícola es del 12 %. En los últimos años se ha dado una integración vertical cada vez más significativa del sector, convirtiéndose en una de las agroindustrias más importantes del país. (Quezada, 2010. p.21).

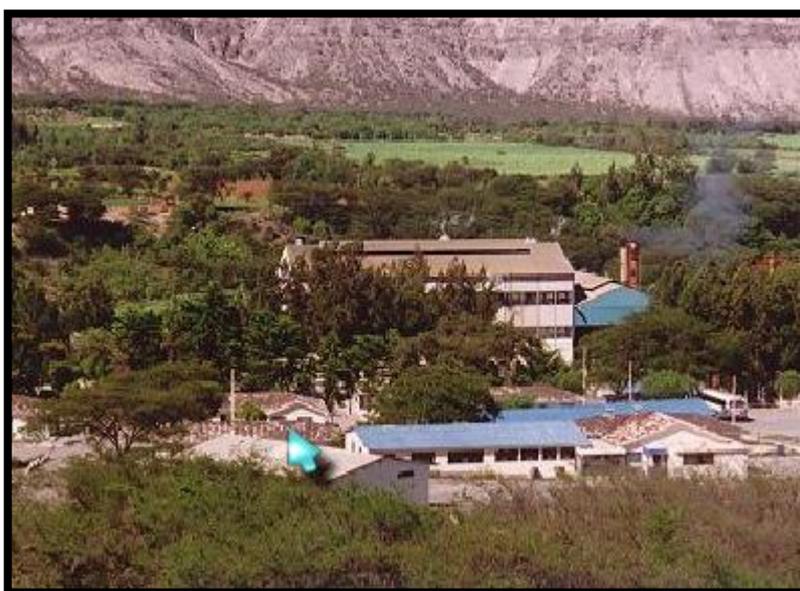
Se define como industria azucarera al “lugar fijo donde ocurren una serie de operaciones para la transformación de la caña, en azúcar y otros derivados como melaza o miel final, cachaza y bagazo”.

#### **2.1.1. Producción de azúcar en el país**

El área de producción de caña de azúcar en Ecuador es de aproximadamente 110,000 ha. De las cuales la mayoría se utiliza para la fabricación de azúcar y el resto para la elaboración artesanal de panela y alcohol. En el 2006 la superficie cosechada para producción de azúcar fue 69,156 ha, de las cuales el 89% se concentra en la Cuenca Baja del Río Guayas, en la provincia del Guayas están ubicados los ingenios de mayor producción como son: San Carlos y Valdez; en la provincia del Cañar se encuentra ECUDOS anteriormente ingenio la Troncal, El 11% restante corresponde a los ingenios: IANCEM en la provincia de Imbabura y Monterrey en la provincia de Loja.

El crecimiento de la superficie cultivada de caña para la producción de azúcar ha sido muy notorio en los últimos años, pasando de 48.201 ha en 1990 a 69,156 ha en el 2006.

Este incremento será más notorio en los próximos años debido al uso previsto de alcohol como carburante. El azúcar que se produce en Ecuador es básicamente para consumo nacional. (CINCAE, 2008).



**Fotografía 1. IANCEM**

## **2.2. LA CAÑA**

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum L*) es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña gracias a la energía tomada del sol durante la fotosíntesis. (Perafan, 2009, n.f.).



**Fotografía 2.** Caña de azúcar

### **2.2.1. Composición química de la caña**

Los tallos corresponden a la sección anatómica y estructural de la planta de Caña de Azúcar, que presenta mayor valor económico e interés para la fabricación de azúcar y la elaboración de Alcohol, motivo por el cual su composición química reviste especial significado. (Chen, 1991, p. 45).

En términos generales, la composición química de la caña de azúcar está influenciada por factores ambientales y labores culturales de acuerdo a las variedades, edad de la caña o estado de madurez, entre otros.

**Cuadro 1. Composición de la caña de azúcar y los sólidos del guarapo.**

<b>Caña triturada</b>	<b>Caña (%)</b>
Agua	73-76
Sólidos	24-27
Sólidos solubles	10-16
Fibra (seca)	11-16
<b>Componentes del guarapo</b>	<b>Sólidos solubles (%)</b>
Azúcares	75-92
Sacarosa	70-88
Glucosa	2-4
Fructosa	2-4
Sales	3.0-4.5
Ácidos inorgánicos	1.5-4.5
Ácidos orgánicos	1.0-3.0
Ácidos orgánicos	1.5-5.5
Ácidos carboxílicos	1.1-3.0
Aminoácidos	0.5-2.5
Otros no azúcares orgánicos	
Proteínas	0.5-0.6
Almidón	0.001-0.050
Gomas	0.3-0.60
Ceras	0.05-0.15
Otros	3.0-5.0

**Fuente:** Tomado de Manual de azúcar de caña por J. Chen, 1991. (p. 47).

### **2.3. AZÚCARES Y NO AZÚCARES**

La sacarosa en el jugo y la celulosa en la fibra son los dos principales constituyentes químicos de la caña de azúcar; cada uno de ellos está compuesto por azúcares simples. Los azúcares simples, glucosa (dextrosa) y fructosa (levulosa) se encuentran así mismo sin formar cadenas en la caña de azúcar, por lo

general en cantidades menores que la sacarosa. La producción de sacarosa a partir del jugo de caña de azúcar, se basa en la capacidad que tiene la sacarosa de cristalizar a partir de un jarabe espeso, mientras que la glucosa y la fructosa permanecen disueltas. (Chen, 1991.p. 46).

### **2.3.1. Su importancia en la fabricación de azúcar**

Según Spencer (1967). Los conocimientos de la composición del jugo y la comprensión de sus propiedades químicas y de las reacciones con sus componentes son esenciales para el control y mejoramiento efectivos del proceso de extracción y refinación del azúcar de caña es necesario reconocer la variabilidad de la composición del guarapo, tanto respecto a sus constituyentes minerales como a sus constituyentes orgánicos; ello es cierto aún en guarapos procedentes de una sola localidad. (p. 25).

Las diferencias de clima en los terrenos y de los factores ambientales, hace que exista una variación más amplia de los porcentajes de los constituyentes individuales presentes en los guarapos de caña procedentes de diferentes zonas de producción; sin embargo, estas variaciones son más bien cuantitativas que cualitativas, y todos los jugos contienen aproximadamente los mismos constituyentes, pero en proporciones variadas. (Spencer, 1967, p.26).

### **2.3.2. Sacarosa**

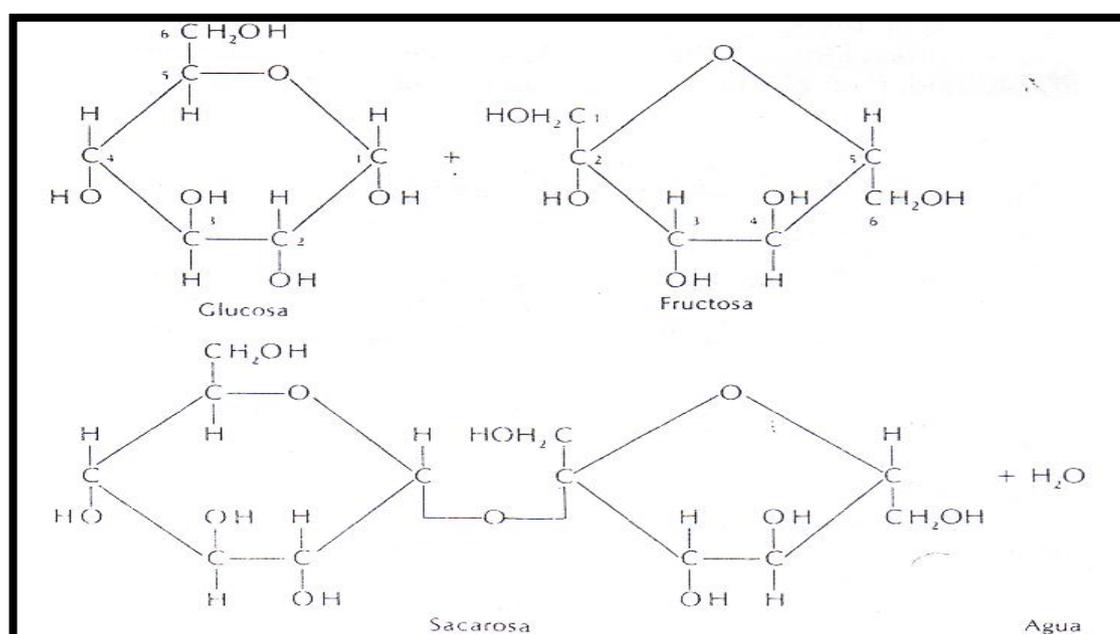
La sacarosa se encuentra en muchos vegetales disuelta en la sabia; pero no todos en cantidad suficiente para su obtención industrial. La caña de azúcar es la principal fuente de producción, y por su orden de importancia pueden ser como sigue: caña, remolacha, sorgo y maíz. (Herrero & Silva, 1997, p. 12).

La sacarosa es un disacárido producido por la condensación de glucosa y fructosa, y tiene una fórmula empírica  $C_{12}H_{22}O_{11}$  (peso molecular 342.30 g/mol). Se ha

determinado que su estructura y configuración estereoquímica son las de  $\alpha$ -D-glucopiranosil- $\beta$ -D-fructofuranosido. (Spencer, 1967, p. 28).

La sacarosa es un disacárido formado por la unión de una molécula del monosacárido glucosa (dextrosa) con una del monosacárido fructosa (levulosa) a través de los carbonos 1 y 2 y con la pérdida de una molécula de agua. (Charley, 1997, p. 117).

**Gráfico 1. Formación de la sacarosa.**



**Fuente:** Tomado de Tecnología de los Alimentos por Charley Helen, 1997. (p.117).

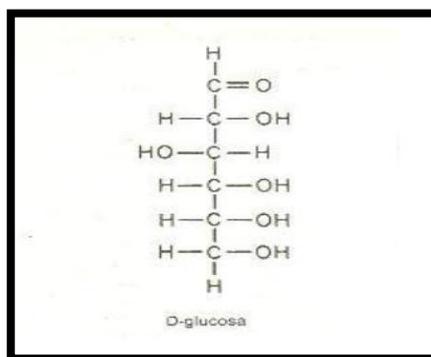
### 2.3.3. Compuestos de la sacarosa

#### 2.3.3.1. Dextrosa

Según Herrero & Silva, 1991. Esta sustancia forma con la levulosa un producto de descomposición. Es uno de los constituyentes de la caña de azúcar en cualquier época de crecimiento, por lo cual se encuentra siempre en el guarapo en mayor o menor cantidad. La dextrosa está presente en infinidad de plantas, pero comercialmente se produce por la sacarificación del almidón por medio de ácido

sulfúrico o el clorhídrico. Su fórmula química molecular es  $C_6H_{12}O_6$  y pertenece a los tipos de monosacáridos (Aldohexosas). (p. 17).

### Gráfico 2. Estructura química de la Glucosa.

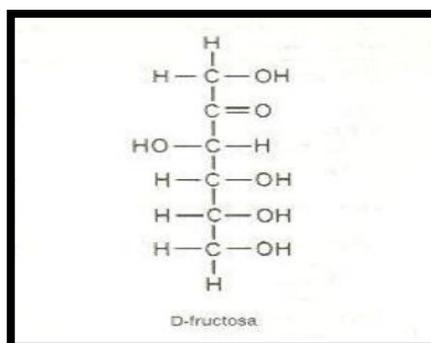


Fuente: Tomado de Chen, 1991. (p.48).

### 2.4.3.2. Levulosa

Llamada también azúcar de frutas, la fructosa es más dulce que la sacarosa y la glucosa; de las tres es la menos abundante en la caña. A semejanza de la glucosa, es más abundante en las partes de crecimiento de la planta y con menor cantidad en la parte inferior del tallo y las raíces. La fructosa disminuye con la maduración y puede ser imposible de detectar en algunas variedades de alta pureza. Las moléculas de fructosa se polimerizan (se condensan) para formar el leván e inulina, un producto de almacenamiento de ciertas plantas. (Chen, 1991, p.48).

### Gráfico 3. Estructura química de la Levulosa.



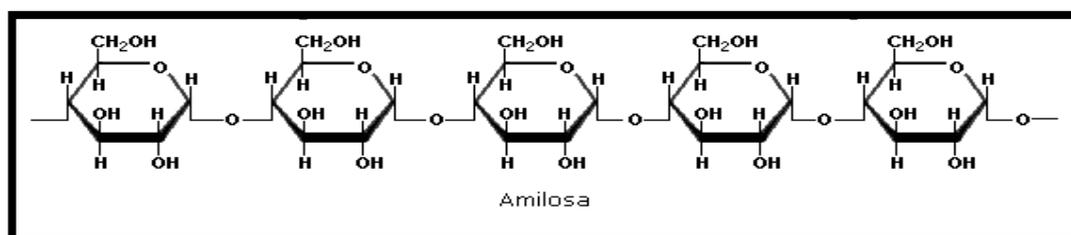
Fuente: Tomado de Chen, 1991. (p.48).

### 2.3.3.3. Almidón

Según Herrero & Silva, 1991. El almidón se encuentra en el protoplasma de las hojas de la caña y en el extremo de los tallos de esta. En las cañas maduras se encuentra muy poco a casi nada de almidón. Su determinación se verifica por medio del yoduro de potasio que da la coloración azul en presencia del almidón

El almidón es producto perjudicial en el proceso de fabricación de azúcar y como se encuentra en las cañas no maduras, en el extremo de los tallos se ve interesante es obtener cañas maduras y con muy poco cogollo, pues la presencia del almidón dificulta mucho a la clarificación de los guarapos y la cristalización. (p.17).

#### Gráfico 4. Estructura química del Almidón.



Fuente: Tomado de Zamora, 2008 (p.2).

### 2.3.3.4. Pectina

La pectina se encuentra en el guarapo o jugo de la caña en cantidad variable, según sea la variedad de esta y la composición del terreno donde se cultiva. Esta sustancia se separa parcialmente en la clarificación del guarapo, por lo cual se encuentra en las meladuras y en las mieles.

### 2.3.3.5. Ácidos orgánicos

En la caña se encuentran los ácidos líclico, oxálico, málico, succínico y tánico. Cuando las cañas están deterioradas así como en los guarapos y meladuras

fermentadas, se encuentra el ácido acético que se produce a virtud de la fermentación alcohólica original que por oxidación se convierte en ácido acético (vinagre), lo que constituye una pérdida considerable de sacarosa produciéndose una infección de tal naturaleza que de no evitarse aumentaría la pérdida de sacarosa ya sea en las cañas descompuestas en los guarapos meladuras o cualquier líquido azucarado. (Zossi, et al., 2010. Vol. 87 p. 15-27).

#### **2.3.3.6. Cera**

La cera se encuentra en la corteza de la caña, especialmente en la proximidad de los nudos siendo su proporción variable, según la variedad de la caña. La cera produce también sus inconvenientes en la clarificación de los guarapos, ya que se encuentra emulsionada en forma coloidal. La cera se funde a 82 °C y hierve a 146 °C, es insoluble en agua y en alcohol frío, pero es soluble en alcohol caliente, éter y cloroformo. La cera de la caña se considera como un alcohol saturado con 24 átomos de carbono. (Diez, et al., 2010 Vol. 87 p. 29-38).

#### **2.3.3.7. Materiales colorantes**

La caña contiene materias colorantes como la clorofila, antocianina y sacaretina de Steuerwald. La clorofila es insoluble en agua, propiedad que le permite la separación de la clarificación del guarapo. La antocianina se precipita en presencia de la cal y se le puede eliminar en el proceso de la carbonatación del guarapo; se puede decolorar en parte por el anhídrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>), es muy soluble y se descompone rápidamente.

La sacaretina se encuentra en la fibra de la caña y, según Steuerwald, se vuelve amarilla y soluble en presencia de cal u otros álcalis, por lo cual queda inalterable en los procesos de sulfitación y carbonatación del guarapo. La antocianina se encuentra más en las cañas oscuras, mientras que la sacaretina se combina con el hierro formando una sustancia negra. La sacaretina se debe evitar en lo posible,

en el proceso de fabricación filtrando el guarapo que sale de los molinos y no usando agua de maceración alcalina. (Chen, 1991 p.61).

#### **2.3.3.8. Ceniza**

La caña es una planta que absorbe poca sustancia mineral del terreno donde es cultivado, por lo cual contiene poca ceniza y materia mineral. La ceniza se encuentra en la caña en una proporción aproximada de 0.50% y está constituida por diversas materias.

#### **2.3.3.9. Cuerpos nitrogenados**

Según Herrero & Silva, 1991. La caña contiene poca sustancia nitrogenada, la mayor parte del nitrógeno que contiene se encuentra en las hojas y en cogollo. Cuando la caña está bien madura contiene muy poca cantidad de nitrógeno cuya proporción es la siguiente: 0.05% en forma de albuminosa de naturaleza no bien definida. El nitrógeno contenido en las hojas de la caña y del cogollo como se expresa, constituye también un inconveniente del guarapo por sus propiedades albuminosas lo cual es suficiente para evitar que la caña vaya al ingenio con cogollo. (p.17)

#### **2.3.3.10. Azúcar invertido**

Azúcar invertido, es el rompimiento de la molécula de sacarosa por hidrólisis, en dos moléculas de glucosa y fructosa en partes iguales. La inversión se produce por efecto de ácidos, enzimas y altas temperaturas

#### **2.3.4. Solubilidad de la sacarosa**

Según Herrero & Silva (1991). La sacarosa es muy soluble en agua aumentando esta propiedad al elevarse la temperatura. (p.12). En la cuadro 2 se puede apreciarse la solubilidad de la sacarosa.

Si se evapora una solución de sacarosa en agua destilada, lo mismo que si se deja enfriar una solución saturada de sacarosa en caliente se cristaliza, los cristales crecen a medida que el líquido en el que se han formado es más puro, siendo la cristalización más lenta. (p.14).

**Cuadro 2. Solubilidad de la sacarosa en agua destilada de 0 a 100 °C de temperatura.**

Sacarosa		Sacarosa	
Temperatura	Porcentaje	Temperatura	Porcentaje
0	64.18	55	73.20
5	64.87	60	74.18
10	65.58	65	75.18
15	66.33	70	76.27
20	67.09	75	77.27
25	67.89	80	78.36
30	68.70	85	79.66
35	69.55	90	80.61
40	70.42	95	81.77
45	71.32	100	82.79
50	72.25		

**Fuente:** Tomado de Manual práctico de fabricación de caña de azúcar por Herrero & Silva, 1991. (p. 13).

#### **2.4. GENERALIDADES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR**

La savia de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y de la remolacha (*Beta vulgaris*) contiene alrededor de 17% de sacarosa, un carbohidrato disacárido de fórmula general  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , compuesto de los monosacáridos D-glucosa y D-fructosa que se condensan en grupos glucosídicos formado por un proceso fotosintético de asimilación. Mediante el proceso de extracción realizado en Ingenios Azucareros, se obtiene el jugo de caña o remolacha, que es purificado

por medios físicos y químicos, evaporando luego el agua y separando los cristales de azúcar para obtener finalmente el azúcar comercial, que contiene alrededor del 99.99% de sacarosa (Honig, 1969, n.f).

#### **2.4.1. Obtención de azúcar**

La obtención de azúcar según Andrade, (2004), describe en dos fases que son: Agrícola e Industrial. (p.5).

##### **2.4.1.1. Fase agrícola**

**2.4.1.1.1. Cultivo.-** Los mayores cultivos de la caña de azúcar en Imbabura se ubican en los valles donde el clima es cálido. Su corte ideal es a los 18 meses. La caña está compuesta por una parte leñosa, 14 % bagazo y otra parte el jugo que representa el 86 %, este a la vez se subdivide en agua que ocupa el 70%, sacarosa 14% y no azucares 2%.

**2.4.1.1.2. Zafra.-** Consiste en el corte de la caña previamente quemada para facilitar su corte ya que este se lo realiza a machete con los operarios llamados zafreiros .Cabe recalcar que la quema de la caña en los canteros es controlada.

**2.4.1.1.3. Transporte.-** Una vez cortada la caña es alzada mecánicamente del campo y transportada a fábrica en camiones denominados cañeros.

##### **2.4.1.2. Fase Industrial**

**2.4.1.2.1. Molienda.-** Es el proceso de extracción de la mayor cantidad de jugo, para lograr este objetivo la caña es sometida a una preparación que consiste en pasar por una serie de equipos como son picadora, desfibradora este material desmenuzado se alimenta por medio de un Shut Donele hacia el tandem de molinos donde se obtiene diferentes jugos los cuales se recolectan en un solo tanque denominado tanque de jugo mixto.

**2.4.1.2.2. Clarificación.-** El jugo de la caña que proviene de la molinada se denomina jugo mixto posteriormente este pasa por una serie de calentadores e inmediatamente a las torres de sulfitación para luego ser alcalinizado. Una vez realizadas estas operaciones, pasa a un equipo llamado clarificador cuya función es de hacer decantar la mayor parte de impurezas conocida como cachaza.

**2.4.1.2.3. Evaporación.-** Consiste en la separación del agua de una solución azucarada. Este proceso se realiza utilizando calor por medio de evaporadores de tubos verticales y de múltiple efecto en el cual permite concentrar el jugo en una solución llamada jarabe o meladura.

**2.4.1.2.4. Cocción.-** La cocción es la segunda fase de la concentración en donde se forma el grano y se aumenta su tamaño. Para esto es necesario concentrar el jarabe obtenido de los evaporadores, aun más en los tachos, hasta lograr la formación de cristales de azúcar.

**2.4.1.2.5. Cristalización.-** Consiste en el incremento de tamaño del cristal de azúcar provenientes de los tachos. Para ello se utiliza cubos análogos denominados cristalizadores donde permanecen las masas cocidas en constante movimiento circular, con el fin de obtener cristales de azúcar de mayor tamaño y pureza.

**2.4.1.2.6. Centrifugado.-** Consiste en la separación del azúcar de la miel por efecto de la fuerza centrífuga. Se efectúa en centrifugas preferentemente automáticas, debido a que disminuyen la pérdida suplementaria de azúcar.

**2.4.1.2.7. Secado.-** Es la eliminación de agua del grano de azúcar para ello se utiliza un secador enfriador. El secado también ayuda a que su riqueza aumente y mejore el color.

## **2.5. EXTRACCIÓN DEL JUGO**

### **2.5.1. La calidad de la materia prima**

Según el artículo [en línea] [http://www.eeaoc.org.ar/cania/gacet\\_calidad.pdf](http://www.eeaoc.org.ar/cania/gacet_calidad.pdf) (2005). La calidad de la materia prima se reconoce al término de su procesamiento industrial por la cantidad de azúcar que se recupere por tonelada de caña molida (rendimiento fabril).

Una materia prima de óptima calidad será aquella que se caracteriza por un alto contenido de sacarosa, un bajo contenido de materias extrañas, un bajo contenido de sustancias solubles no-sacarosa y por un nivel adecuado de fibra, asegurando un máximo rendimiento fabril y la mejor calidad del azúcar obtenida, resultando en una mejor eficiencia y rentabilidad, tanto de la fábrica como del productor cañero.

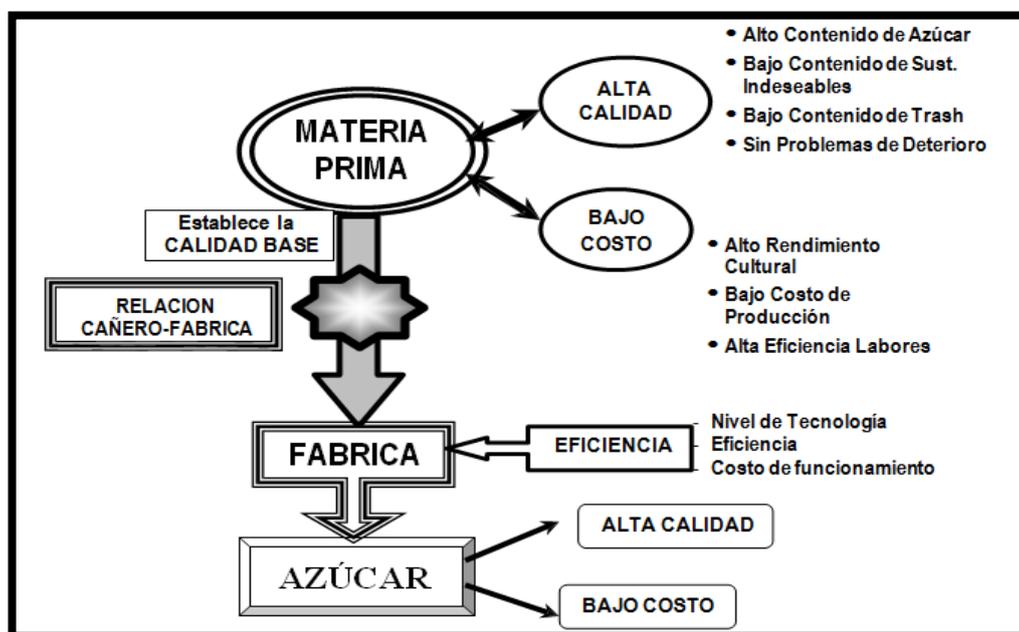
La calidad de la materia prima constituye la base del proceso industrial, al determinar la máxima cantidad de azúcar que la fábrica puede recuperar, según la eficiencia fabril de cada ingenio. El logro de un proceso fabril eficiente asegurará recuperar la mayor cantidad del azúcar formada en el campo.

El conocimiento de los múltiples factores que inciden en la calidad de la materia prima, posibilitarán instrumentar manejos y sistemas de control en la producción, cosecha, transporte y en la etapa industrial, que permitan mejorar las condiciones de fabricación y de calidad del producto.

La transparencia, racionalidad y coordinación efectiva de la relación CAÑERO-FÁBRICA juega un papel fundamental en la mejora del proceso global. Además se deben destacar que la incorporación de mejoras en el sector agrícola e industrial beneficia a toda la actividad, como también a sus distintos participantes.

Lo expuesto enfatiza el hecho de que el procesamiento de la caña de azúcar empieza realmente en el campo. La variedad de caña, el suelo en el cual se cultiva, las prácticas de manejo (riego, fertilización, control de malezas, etc.), la madurez del cañaveral al momento de la cosecha y la eficiencia de esta última, determinan la calidad del material producido.

**Gráfico 5. Esquema conceptual de las exigencias de calidad de la materia prima y del azúcar.**



**Fuente:** Tomado de [http://www.eeac.org.ar/cania/gacet\\_calidad.pdf](http://www.eeac.org.ar/cania/gacet_calidad.pdf) (2005).

Según Rodríguez (1997). Las cañas molidas con tres días de atraso pueden perder hasta media arroba de azúcar por cada 100 arrobas de caña (5 kg de azúcar por cada Ton de caña). La fibra de caña varía de (10 – 15) %. La Pol en la caña varía de (12-16) %. La cantidad de azúcar en la caña es de (12 – 14) % del peso de la caña molida. (p.5).

### **2.5.2. Pesaje de la caña**

La caña se pesa por lo general en grandes básculas de plataforma junto a la unidad de transporte en la que se le recibe en el ingenio (carro de ferrocarril, camión, remolque, carreta, etc.). Cuando resulta imposible el pesaje directo, el peso de la caña se estima mediante el método inferencial. (Chen, 1991, p.83).

### **2.5.3. Limpieza de la caña**

El proceso de limpieza de la caña forma parte del equipo transportador, o constituye un proceso auxiliar del mismo y es necesario en aquellas regiones donde predominan los métodos mecánicos de recolección de caña. En Luisiana, se somete la caña sobre el transportador a una lluvia de agua caliente que procede del sistema de condensación que se aplica a alta presión a través de toberas. El agua de desecho, que arrastra el lodo y gran parte de la basura es conducido al mismo sistema de drenaje del agua del condensador, o se trata por separado antes de proceder a la descarga final. (Chen, 1991, p. 87).

Una limpieza minuciosa de la caña da por resultado un menor desgaste del equipo de molienda y del sistema de bombeo del jugo y permite que el ingenio opere a plena capacidad. Reduce asimismo las pérdidas de sacarosa en la cachaza del filtro debido a que se reduce la cantidad de lodo en el mismo.

### **2.5.4. Preparación de la caña para molienda**

Según Quezada (2010). Antes que las cañas sean picadas, estas deben ser lavadas, para eliminar impurezas en especial si las cañas han sido quemadas. (p. 63).

La preparación se lo realiza en el conductor de cañas y para ello se utiliza una serie de equipos combinados como: niveladoras, cuchillas cortadoras o picadoras, desfibradoras y desmenuzadoras. La preparación de la caña persigue dos propósitos fundamentales:

- ✓ Incrementar el volumen de alimentación hacia los molinos; esto se logra mediante el aumento de densidad producto de la preparación.
- ✓ Facilitar la extracción en los molinos al romper la estructura de la caña.

### **2.5.5. Molienda**

Ortiz, Tabón, Alvarado, Torres, Báez (2008), argumentan que el proceso de molienda tiene la finalidad de extraer el jugo a la caña de azúcar mediante un tándem de molinos, que para el caso del ingenio bajo estudio, consiste de cuatro molinos. Del primer y segundo molino se obtiene jugo mezclado, el cual es trasladado a fábrica (departamento de elaboración) para continuar con el proceso de depuración y clarificación; de los molinos restantes, el jugo es utilizado para la maceración. La fibra resultante del último molino se le da el nombre de bagazo. (p. 3-4).

La caña preparada primeramente se transporta al primer molino para dar inicio al proceso de extracción de jugo; posteriormente se traslada a un conductor intermedio en el que se aplica jugo de caña proveniente del tercer molino. A este proceso se le llama maceración, y tiene por objeto diluir el azúcar que contiene la caña.

La caña que sale del primer molino entra al segundo molino, en el que vuelve a ser sometida a compresión para extraer el jugo. Posteriormente se manda a otro conductor intermedio donde nuevamente se le aplica el proceso de maceración para proseguir con su ingreso al tercer molino y continuar la extracción.

La caña del tercer molino se transporta mediante un conductor intermedio al cuarto molino, donde antes de su ingreso se le agrega agua caliente con el mismo fin de la maceración; al proceso anterior se le conoce como imbibición y es realizado normalmente en el último molino.

### 2.5.6. Maceración - Imbibición

El ISSCT define la *maceración* como «el proceso en el cual el bagazo se remoja en un exceso de agua o de jugo, generalmente a temperatura elevada», es decir «maceración verdadera» o «maceración en baño», tal como se hace en Australia y en la Isla Fiji. Define *imbibición* como «el proceso en cual se aplica agua o jugo al bagazo para diluir y mezclarse con el guarapo que contiene este último. El agua así utilizada se llama agua de imbibición» (Spencer, 1967, p. 66).

#### 2.5.6.1. Tipos de imbibición

Spencer (1967), sostiene que, dentro del proceso de imbibición existen 3 tipos los cuales son (p.66):

- ❖ **Simple.-** En la cual solo se aplica agua; esto se ve con escasa frecuencia en instalaciones modernas.
- ❖ **Doble.-** Hoy en día prácticamente anacrónica, donde se aplica agua en el último, o en los dos últimos molinos y en el jugo pobre combinado de los últimos dos molinos se aplica en molinos anteriores del tándem.
- ❖ **Compuesta.-** Aplicable en tándem de cuatro molinos o más, en la cual se aplica agua al bagazo que va al último molino, el guarapo extraído por el último molino se aplica al bagazo que entra al penúltimo, el jugo que extrae el penúltimo se aplica al bagazo que va hacia el antepenúltimo, y así sucesivamente

El porcentaje de agua de imbibición que se aplica varía según el país, la capacidad de los molinos, las características de la caña (sobre todo su contenido de fibra) y los costos relativos del azúcar y del combustible. (Spencer, 1967, p. 67)

### **2.5.6.2. Agua de imbibición caliente o fría**

Existe cierta controversia sobre si se debe usar agua fría o caliente en la imbibición. Los argumentos a favor del agua caliente son los siguientes: se logra alguna economía en cuanto a combustible; la ruptura de algunas células por acción del calor del agua (por arriba de 160°F o 70° C); se obtiene una ligera evaporación del bagazo en tránsito; se puede usar parte del condensado de retorno procedente de los cuerpos de los evaporadores, y por último se obtiene una pequeña mejora en la extracción, la que no siempre es perceptible. Aun en las mejores condiciones, el proceso de imbibición no es totalmente efectivo en cuanto a que no diluye todo el jugo que contiene el bagazo. Las desventajas de la imbibición en caliente son: mayor extracción de gomas e impurezas provenientes de la hojarasca; los molinos no se alimenta de manera óptima; y se facilita el incremento de microorganismos productores de dextrano. (Chen, 1991, p. 110).

## **2.6. CALIDAD DE LOS JUGOS**

### **2.6.1. Composición de los guarapos de molino**

Según Spencer (1967). Entre los jugos de la desmenuzadora y los de cada uno de los molinos siguientes hay diferencias que están de acuerdo con las diferencias en las presiones y los grados de saturación. A medida que se siguen las compresiones, ocurren disminuciones de ° Brix, de la polarización y la pureza, con el consiguiente aumento en los no azúcares orgánicos e inorgánicos. En general, el jugo del rodillo bagacero es de ° Brix y pureza mayor que el de cañero, porque este extrae el agua superficial de imbibición del exterior de las partículas de bagazo, mientras que el bagacero extrae parte del jugo que contiene las células internas. (p. 68).

Hugot (1960), sostiene que el rodillo cañero de los últimos molinos del tándem, trabajando con imbibición, debe extraer unas tres cuartas partes del jugo, mientras que el bagacero solo debe extraer una cuarta parte. (p. 243).

**Cuadro 3. Datos obtenidos: Imbibición compuesta de un tándem de doble desmenuzadora y de 15 rodillos.**

Muestra tomada en	° Brix	Polarización	Pureza
Doble desmenuzadora	17.16	14.50	84.50
<b>PRIMER MOLINO</b>			
Cañero	17.08	14.12	82.67
Bagacero	16.13	13.06	80.97
<b>SEGUNDO MOLINO</b>			
Cañero	7.63	5.83	76.41
Bagacero	9.37	7.31	78.01
<b>TERCER MOLINO</b>			
Cañero	5.04	3.73	74.01
Bagacero	6.14	4.54	73.94
<b>CUARTO MOLINO</b>			
Cañero	3.00	2.18	70.60
Bagacero	4.52	3.26	72.12
<b>QUINTO MOLINO</b>			
Cañero	1.31	0.88	67.18
Bagacero	2.55	1.78	69.80

**Fuente:** Tomado de manual de azúcar de caña por Spencer, 1967. (p. 69).

### **2.6.2. Características físico químicas 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

rozón 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. (Duarte et al., 1982; Hernández, 1978; citado por Serrano, 2006, p.26).

#### **2.6.2.1. pH y acidez**

El valor de pH de un alimento es una medida en escala logarítmica de su acidez o de su basicidad. El pH se define por la relación  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ . Debido a que cada unidad de la escala de pH representa una diferencia de 10 veces, un alimento con un pH de 6 es 10 veces más ácido que uno con un pH de 7; pH de 5.0 es 100 veces más ácido. (Montville & Matthews, 2009, p. 22).

La concentración del ion hidrogeno (pH) en el jugo de la planta madura normal de caña de azúcar varía entre 4.73 y 5.63, pero el valor corriente oscila entre 5.2 y 5.4. Utilizando mediciones precisas y muchas muestras, se pueden establecer pequeñas diferencias entre las diferentes variedades y áreas. Para que la diferencia sea significativa cuando se utilizan pocas muestras son necesarias grandes cambios en los valores de pH. Por lo general, la caña dañada considerablemente por las heladas posee un jugo con valores de pH muy bajos; otras condiciones producen efectos ligeros. Los valores de la acidez titulable varía con mayor amplitud que los del pH, y esta se utiliza comúnmente como indicador de calidad. (Chen, 1967, p.58).

#### **2.6.2.2. Grados Brix**

Los ° Brix determinan la concentración de sólidos disueltos en una solución de sacarosa, basándose en una relación entre índices refractivos a 20°C y el % de masa total de sólidos solubles en una solución acuosa de sacarosa pura. (Laboratory Manual of South African Sugar Factories, 1985, n.d.).

Porcentaje en peso (P/P%) de sólidos disueltos en una solución. El ° Brix puede ser medido por medio del aerómetro o hidrómetro y se llama Brix al hidrómetro; cuando se mide en el refractómetro se define como Brix refractométrico. (Buenaventura 1989, p. 3).

En regiones ubicadas entre los 800 y 1.500 m.s.n.m., el ° Brix o concentración de sólidos solubles en el jugo de una planta madura de caña de azúcar para su ingreso a fábrica puede variar en épocas de lluvia entre 17 y 19° Brix y en épocas secas entre 19 y 22° Brix. (Osorio, 2007, p.97)

### **2.6.2.3. Pol**

Los azúcares diluidos tienen la propiedad de desviar el plano de vibración de la luz polarizada. Esta propiedad se utiliza en la industria azucarera para determinar la riqueza de los jugos de caña mediante un aparato óptico llamado polarímetro, de donde se deriva la expresión de Pol; este aparato envía un rayo de luz polarizada a través de una solución de sacarosa y mide la rotación de la luz después de pasar por el líquido. (Engelke, 2002; citado por Serrano, 2006, p.26).

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. (Herrero & Silva, 1991, p.25).

Esta variable según el Ing. Rubén Guzmán Jefe del laboratorio del IANCIEM, determina la calidad de materia prima que ingresa a fábrica mediante los siguientes parámetros de caracterización con respecto al contenido de sacarosa:

- < a 11 de Pol → caña mala
- 11 a 13 de Pol → caña regular
- 13 a 15 de Pol → caña buena
- > a 15 de Pol → caña muy buena

Pero pueden existir cañas con alto contenido de sacarosa a la vez con alto contenido de sustancias nitrogenadas, también ácidos orgánicos que no les hacen aptas para la industria azucarera

#### **2.6.2.4. Azúcares Reductores**

Laboratory Manual of South African Sugar Factories, 1985, argumenta que:

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 tiene color azul y tras la reacción con el azúcar reductor se forma oxido 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. (n.d.).

McMaster, 1990; Ravno, 2001; citado por Serrano, 2006 sostiene que:

Los azúcares reductores son el producto intermedio de la descomposición de la sacarosa y son el índice más empleado para la detección de pérdidas en jugos; sin embargo, estos azúcares son utilizados por la gran variedad de microorganismos encontrados en los jugos como fuente de carbono para desarrollarse y generar otros productos metabólicos como el etanol, ácidos orgánicos y CO<sub>2</sub>. Por esta razón algunos autores sugieren la cuantificación de otros productos finales del metabolismo como el ácido láctico, que son indicadores más precisos de pérdida de sacarosa por actividad microbiológica en el tándem de molinos. Sin embargo se hace necesario realizar estudios que permitan tener criterios de selección entre los indicadores que muestran mayor correlación en el metabolismo de microorganismos. (p.27).

### **2.6.2.5. 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 API, ° Brix, y/o en sólidos refractométricos o por desecación/ las purezas reciben los nombres de pureza aparente refractométrica y verdadera. (Gavelan, [en línea] [http://www.monografias.com/trabajos58/evaluacion - inversión sacarosa /evaluacion-inversion-sacarosa2.shtml](http://www.monografias.com/trabajos58/evaluacion-inversion-sacarosa/evaluacion-inversion-sacarosa2.shtml)).

### **2.6.2.6. Índice de infestación**

Según Mora (1995), citado en la revista REDADALYC (2009), menciona que el estudio de las microfloras contaminantes durante la etapa de molienda de caña en relación con el proceso de elaboración de azúcar no se presentaron diferencias significativas con respecto al número de microorganismos en los jugos de primera extracción y diluido, éstos se encuentran en un período fisiológicamente activo, en el cual se requieren carbohidratos (azúcar) para realizar sus funciones metabólicas vitales.

El nivel promedio de contaminación hallado fue de  $10^6$  bacterias/ml de jugo de caña, siendo el género *Leuconostoc sp* el predominante en la identificación; éste presenta la característica de producir goma, efecto muy importante en la fabricación del azúcar. Además, es una de las principales cepas en la producción de ácido láctico, ácido acético y etanol a partir de la fermentación, e induce al mismo tiempo mayores pérdidas de sacarosa.

## **2.7. PÉRDIDAS DE SACAROSA EN FÁBRICA**

Las pérdidas de sacarosa ocurren desde el momento en que se corta la caña hasta cuando se envasa el azúcar; se presentan entre corte, alce y transporte y en el proceso fabril en las operaciones de lavado de caña, en el bagazo resultante de

las operaciones de preparación y molienda, en la cachaza proveniente de la limpieza de los jugos por medio de la clarificación y en las mieles. (Larrahondo, J., Briceño C.O., 2001 citado por Calero, et al., 2009.p.664).

Adicionalmente, se presentan otras pérdidas de sacarosa que se conocen como indeterminadas y se calculan por balance de masa; éstas se generan por disolución o transformación de la sacarosa en los materiales del proceso, por “arrastre” en evaporación o retención, pérdidas físicas o mecánica. (p.665).

### **2.7.1. Clasificación de las pérdidas**

Todas las pérdidas, en cualquier proceso azucarero, se clasifica en dos clases generales: determinadas e indeterminadas. El control normal de una fábrica azucarera determina las pérdidas en el bagazo, cachaza y melaza. Ambas pérdidas se pueden determinar mecánicamente, ya que el azúcar se pierde en una forma que no sufre cambios, la sacarosa. Las pérdidas químicas también tiene lugar, ya sea como inversión o descomposición de sacarosa, o más generalmente, como una combinación tanto de inversión como de descomposición de sacarosa. El control de rutina puede indicar, pero no determinar la pérdida por medios químicos. (Chen, 1991, p.1031).

#### **2.7.1.1. Pérdidas determinadas**

**2.7.1.1.1. Bagazo.-** La pérdida de azúcar en el bagazo es parte del control de los molinos y es cuidadosamente vigilada tanto por la fuerza de ingeniería como del departamento de operación. Por lo general, esta pérdida es la mejor controlada en una fábrica bien reglamentada. (Chen, 1991, p.1032).

**2.7.1.1.2. Cachaza.-** La cantidad de azúcar que se pierde en la torta del filtro puede llegar a ser hasta un cuarto de la que se pierde en el bagazo, pero en muchas fábricas la pérdida en la torta del filtro es mucho más baja en proporción con la pérdida en el bagazo. Cuando esta cantidad sea alta, un control más

intensivo de la pérdida de azúcar en la torta del filtro dará como resultado un ahorro considerable. (Chen, 1991, p.1032).

### **2.7.1.2. Pérdidas indeterminadas**

Las pérdidas indeterminadas de sacarosa, no se discriminan durante el proceso las cuales se clasifican en:

(1) Fisicoquímicas y microbiológicas por acción de los microorganismos vía hidrólisis (inversión), y/o descomposición de la sacarosa. Las pérdidas fisicoquímicas se ocasionan por la acción de ácidos o sales ácidas, pH, temperatura y tiempo durante el cual los materiales se encuentran bajo esas condiciones; las microbiológicas se deben a la presencia de diferentes poblaciones de microorganismos que transforman, “invierten”, la sacarosa en sus monosacáridos primarios glucosa y fructosa y no es posible recuperarla como azúcar. (Doherty O.S.W., Rackemann, D.W., 2008 citado por Calero, et al., 2009, p 665).

Las indeterminadas por descomposición se producen a altas temperaturas (55- 115°C) durante diferentes procesos: clarificación y evaporación (Eggleston, G et al., 2004 citado por Calero, et al., 2009 p.665).

(2) Pérdidas indeterminadas mecánicas asociadas con fugas y desbordes de materiales intermedios o arrastres en condensados y en los efluentes del proceso fabril. (Calero, et al., 2009, p.665).

(3) Indeterminadas aparentes atribuibles a errores en pesajes de los materiales del balance o en las determinaciones analíticas, muestreos no representativos, cálculos incorrectos, o a la estimación errada de materiales en existencia, entre otros. Estas pueden llegar a ser una parte importante de las pérdidas; sin embargo, se pueden reducir si se establecen sistemas de verificación de pesos,

análisis y resultados.

Broadfoot, R., 2001 citado por Calero, et al 2009, dice que las pérdidas indeterminadas en el balance total de sacarosa son un buen indicador del estado del balance. Generalmente, una fábrica de azúcar presenta un valor característico de pérdidas indeterminadas, el cual indica que el balance para un determinado período de tiempo y circunstancias es consistente con otras condiciones similares. (p.665)

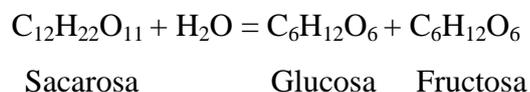
Por otra parte, prácticas como el lavado de caña ocasionan pérdidas de sacarosa que no son contabilizadas y pueden variar dependiendo del tipo de cosecha utilizado; en Mauritius se estimó que éstas pérdidas varían entre 1.4 y 1.8% de la sacarosa % caña (Vignes E.C., 1980 citado por Calero, et al., 2009); mientras que en Louisiana se estimaron en 3.2 kg. de sacarosa / t caña, cuando se lava caña troceada (Birkett H.S.,Stein J.M.,2004 citado por Calero, et al., 2009); y en estudios realizados con caña entera en un ingenio colombiano, se establecieron en 2.7 kg de sacarosa / t caña (Calero L.M, et al, 2009).

El lavado de caña, en la medida de lo posible, debe ser evitado ya que adicional a la pérdida de sacarosa se traslada la mala calidad del agua de lavado al proceso con la caña; si está contaminada incrementa la carga de impurezas en la fábrica aumentando las pérdidas de sacarosa en las mieles, las pérdidas microbiológicas en el sistema e introduce otros compuestos como ácidos orgánicos y dextranas. Otros factores, que contribuyen a las pérdidas de sacarosa en el proceso fabril, están relacionados con la molienda. Según Hugot, 1986, en un tándem de molinos se pueden alcanzar pérdidas hasta del 2% del total de sacarosa % caña. (Rein P., 2007 citado por Calero, et al., 2009).

### **2.7.2. Inversión de sacarosa**

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. (Spencer, 1967, p.29)



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. (p.29).

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. (Calero, et al. 2009, p.666).

### **2.7.3. Causas microbiológicas de la pérdida de azúcar**

#### **2.7.3.1. Microflora inicial**

Los organismos presentes en la caña de azúcar proceden del suelo y de las estructuras vegetales en putrefacción. La rizosfera (suelo en interacción con la raíz) contiene una amplia gama de organismos, si bien no se sabe que las rizosferas de la caña de azúcar estén asociadas de manera constante con microorganismos específicos. En un estudio (Mayeux, 1960) se encontró un elevado número de *Enterobacter* ( $10^5$  /g) en el suelo próximo a la caña y en

menor cuantía a medida que aumenta la distancia desde el tallo. Aunque no de forma constante, los *leuconostoc mesenteroides* también pueden encontrarse en la rizosfera en un número superior a  $5 \times 10^3$ / g (Tilbury, 1970). Con el tiempo húmedo y caluroso el jugo que exuda la caña de azúcar al ser cortada pueden contener un elevado número de microorganismos, aproximadamente  $10^9$  bacterias y  $10^6$  levaduras y mohos por gramo (Mayeux, 1960). (Silliker, et al., 1980, p.787).

### **2.7.3.2. Efectos del procesado sobre los microorganismos**

#### **2.7.3.2.1. Recolección**

Existen numerosos métodos de zafra de la caña de azúcar y cada uno de ellos tiene sus ventajas e inconvenientes desde el punto de vista de la destrucción microbiana del azúcar en la caña ya recolectada. También influyen grandemente en la contaminación, crecimiento y alteración microbiana, la temperatura, la humedad, y el tiempo transcurrido entre la recolección y el triturado. (Silliker, et al., 1980, p.788).

La operación del quemado para eliminar las hojas pueden aumentar la temperatura del tallo  $55 - 85$  °C. Estas temperaturas no destruyen aparentemente, muchas bacterias sensibles al calor a juzgar por la cantidad de microorganismos termófilos que pueden encontrarse tras la operación de quemado. El *leuconostoc mesenteroide* ha sido detectado en las cañas aproximadamente con la misma frecuencia antes y después del quemado además, este microorganismo aumenta considerablemente a medida que pasa el tiempo tras la operación del quemado (Bevan & Bond, 1971 citado por Silliker et al. 1980, p.789).

Cuando el *leuconostoc* y otras bacterias formadoras de ácido se desarrollan en la caña de azúcar recolectada, esta se vuelve ácida (Tilbury, 1968). Se produce azúcar invertido, ácido láctico, acético y con frecuencia dextrano. (Silliker, et al., 1980, p.789).

#### **2.7.3.2.2. Extracción**

Según Silliker, et al. (1980). En el procesado de la caña hasta obtener azúcar bruto tiene lugar una serie de operaciones en la cual argumenta (Moroz, 1963) que la mayoría afectan a la microflora del producto o, viceversa. (p.790).

El jugo mixto es un medio ideal para el crecimiento de muchos microorganismos, si bien solo unos cuantos lo logran con éxito. El jugo tiene un grado Brix (porcentaje de sacarosa P/V o equivalente en sólidos solubles) de 10 -18, un pH de 5.0 - 5.6, abundante sales orgánicas e inorgánicas, aminoácidos y otros nutrientes y una temperatura media entre 25-30 °C. El recuento de bacterias del jugo procedente del primer rodillo es de  $10^5$  a  $10^7$  /ml para la caña normal y aproximadamente de  $10^8$ /ml para la caña ácida.

A los microorganismos contaminantes de la caña hay que sumar los desarrollados en los trituradores, rodillos, canalizaciones, y filtros. En este medio ambiente, el *leuconostoc mesenteroides* formador de dextrana, está especialmente adaptado para competir (Pederson y Hucker, 1946; McCleskey y col., 1947). Además otros microorganismos microaerófilos catalasa-negativo crecen igualmente produciendo ácido, invertasa y dextrana.

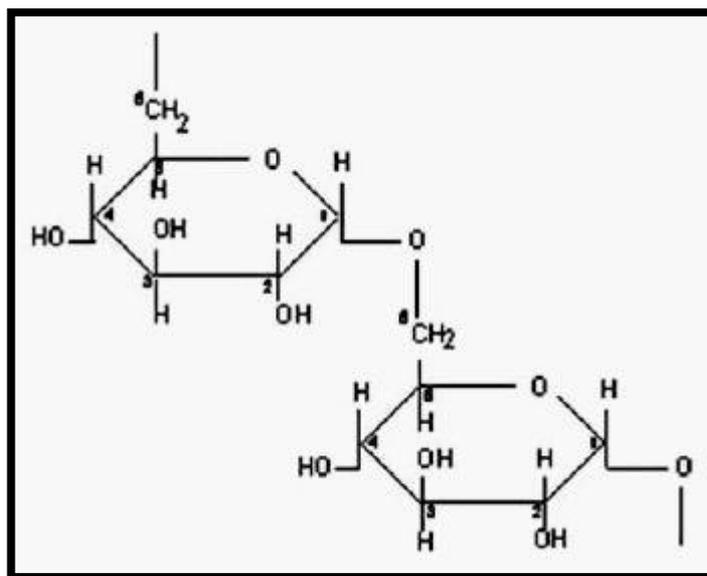
#### **2.7.4. Dextranas**

Según Rodríguez (2004). Las dextranas son polisacáridos de elevado peso molecular, formados por glucosas unidas por enlaces  $\alpha$ -1.6 al menos en el 50%, con ramificaciones enlazadas  $\alpha$ -1.3 aunque también puede presentar otras unidas  $\alpha$ -1.2 o  $\alpha$ -1.4. Las ramificaciones son significativas en las dextranas de bajo peso molecular, en las que llegan a alcanzar hasta el 8%. La solubilidad de las dextranas disminuye a medida que en ellas aumenta la proporción de otros enlaces en relación con los  $\alpha$ -1.6. (n.f.).

Las dextranas no son compuestos propios de la caña, el contenido de estos polisacáridos en la caña es muy bajo o casi cero. Su formación ocurre por la acción de la enzima dextranasacarasa de microorganismos contaminantes que se alojan en la savia de la planta o la atacan posteriormente al ser dañada su corteza. La infestación de la caña por el insecto *Diatraea saccharalis*, conocido como “borer” y el ataque de roedores favorecen la contaminación microbiana de la gramínea en el campo.

El *Leuconostoc mesenteroides* es la bacteria láctica que fundamentalmente agrede a la caña. El nivel de exposición del tejido interno de la caña se incrementa con el corte mecanizado, el trozado o por la quema, lo cual provoca la inactivación de las enzimas fenol oxidasas de acción protectora o bactericida en la planta. Bajo condiciones favorables de temperatura y humedad, la dextranasacarasa hidroliza la sacarosa y forma dextranas. Junto con el jugo, estas dextranas se extraen en los molinos y contaminan los flujos del central, y su nivel en el jugo llega a exceder las 10 000 ppm (1%) en los casos extremos.

**Gráfico 6. Estructura de una dextrana.**



**Fuente:** Tomado de Evaluación de Inversión de Sacarosa. Gavelan. (p.2)

#### **2.7.4.1. Efecto perjudicial de las dextranas en la producción de azúcar**

Rodríguez (2004), afirma que una vez que las dextranas están en el proceso de producción de azúcar, la viscosidad de la solución se incrementa en dependencia de la concentración y del peso molecular de los polímeros formados, que oscila entre 10<sup>5</sup> - 10<sup>7</sup> o más. Las dextranas de peso molecular muy elevado son insolubles. Las de menor peso y solubles aportan mayor dificultad al proceso de producción de azúcar. (n.f).

El control de las dextranas en la agroindustria azucarera se ejecuta mediante el riguroso ajuste entre la quema si esta se realiza, el corte mecanizado o manual, y la entrega de la caña fresca a la central. También se emplean las técnicas de saneamiento con vapor del equipamiento productivo cada 8 horas durante el funcionamiento de la central, y el uso de biocidas sobre la caña en el tándem.

Cualquier eventualidad que retarde el arribo de la caña cortada a la central por encima de 14 horas en un ambiente cálido y húmedo actúa de forma favorable en la formación de las dextranas, las cuales alcanzarán los molinos y entrarán con el jugo al flujo industrial. El contenido de las dextranas se incrementa progresivamente a lo largo del proceso del jugo diluido a la miel final.

El efecto perjudicial de las dextranas comienza desde el momento en que estas se forman, ya que para ello se consume sacarosa de manera irreversible. Un estudio para evaluar tales pérdidas aportó que la presencia de 0.05% de dextranas en el azúcar crudo para su formación consumió 0.2 kg/t de azúcar o 0.02 kg/t de caña procesada.

Algunos estudios recientes muestran que una cepa de *Leuconostoc mesenteroides*, aislada en una central de Argentina, durante las primeras 6 horas de crecimiento a 30 ° C consumió la sacarosa a razón de 8.46 g/L/h. El consumo de la sacarosa se redujo con el incremento de la temperatura.

Las pérdidas económicas ocasionadas por las dextranas son continuas a lo largo del proceso de producción de azúcar, ya que desde temprano su presencia en los jugos incrementa, de manera falsa, el valor de la cantidad de azúcar calculada para estos y altera los indicadores productivos de la fábrica. Ello se debe a la característica dextrorrotatoria de las dextranas que polarizan alrededor de tres veces más que la sacarosa y generan un elevado y falso valor de Pol. Un estudio acerca de la adición de dextranas patrones a soluciones de sacarosa pura aportó que por cada 180 ppm del polisacárido, el incremento promedio de la polarización fue de 0.05 ° S.

La elevada viscosidad de los jugos y la presencia en ellos de dextranas de elevado peso molecular junto a otros sólidos insolubles, obstruyen las mallas filtrantes y provocan pérdidas de los jugos por derrames de los molinos a los drenajes, que generalmente son subestimadas.

## **2.8. SANEAMIENTOS EN MOLINOS**

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 caña transporta una elevada concentración de microorganismos viables al ingenio, de los cuales la mayoría acompañan al jugo extraído donde, si el nivel de la temperatura está dentro de límites que permitan su crecimiento, inmediatamente ocurrirá el desarrollo microbiano. (Spencer, 1967, p.354).

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<sup>57</sup> 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 la juntas de las cadenas) solo resulta el 60% efectiva; el resto debe recibir la aplicación de un biocida empleado en forma continua. Los tratamientos químicos pueden aplicarse cuando los molinos están moliendo caña, pero la aplicación de vapor solo puede ser efectiva cuando los molinos trabajan sin caña. (Chen, 1991, p.115).

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 bactericidas o bacteriostáticas. Desde el punto de vista, el principal problema a resolver es la relación costo beneficio. (Cerutti, Cárdenas, Diez, Soria, 1999, p.13).

## **2.9. BIOCIDAS**

CCRSERI (2009). Se puede aniquilar o inhibir a las bacterias mediante distintos productos antimicrobianos, a saber, antibióticos que actúan contra las infecciones en seres humanos o animales y biocidas como los desinfectantes y los conservantes. Esta evaluación se centra únicamente en aquellos productos que actúan contra las bacterias, y no en los biocidas utilizados en el control de otros microorganismos o plantas y animales. (n.f).

A algunas bacterias no les afectan los productos antimicrobianos de manera natural, mientras que otras pueden desarrollar resistencia a ciertos biocidas a lo largo del tiempo. Las cepas resistentes de bacterias pueden sobrevivir a concentraciones de biocidas que aniquilarían a la mayoría de bacterias de la misma especie. Las bacterias pueden desarrollar gradualmente tolerancia a las sustancias antimicrobianas, pudiendo resistir concentraciones cada vez mayores.

En ciertos casos, la resistencia a los biocidas puede derivar en resistencia a los antibióticos.

Existen muchas sustancias biocidas en el mercado que actúan de forma diferente y, en ocasiones, se combinan distintos biocidas en un mismo producto para incrementar su efectividad total.

Los biocidas requieren aprobación antes de su lanzamiento al mercado. Sin embargo, al contrario que los antibióticos cuyo uso en seres humanos y animales se controla minuciosamente, los biocidas pueden utilizarse sin ningún tipo de control. La cantidad total de biocidas producidos y utilizados en la UE todavía se desconoce, aunque se espera que sea considerablemente mayor que la producción total de antibióticos.

El uso generalizado de los biocidas en muchos productos diferentes y en grandes cantidades podría contribuir a que las bacterias se vuelvan resistentes tanto a los biocidas como a los antibióticos.

### **2.9.1. Usos de los biocidas**

CCRSERI (2009). En las instalaciones sanitarias, los biocidas son indispensables para prevenir y controlar infecciones. (n.f.).

- Los desinfectantes se utilizan para descontaminar superficies, instrumentos y la piel de los pacientes y del personal sanitario. Normalmente, cuanto mayor es el riesgo de infección, más fuerte es el método de desinfección utilizado.
- Los antisépticos se utilizan para tratar infecciones en heridas superficiales.

Los biocidas se añaden a muchos bienes de consumo para evitar que crezcan microorganismos en ellos y los deterioren. Se utilizan en cosméticos y productos de cuidado personal, productos de limpieza, detergentes y desinfectantes.

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.

En ganadería, los animales, sus derivados y cualquier recinto y material utilizados suelen tratarse con biocidas para descontaminarlos, para evitar el desarrollo de microorganismos potencialmente dañinos y para proteger a los animales de enfermedades.

Las plantas de tratamiento de las aguas añaden biocidas al agua tratada antes de que ésta abandone las instalaciones para evitar que libere organismos dañinos al medio ambiente. Otras aplicaciones industriales cada vez más comunes de los biocidas son el uso de torres de refrigeración para evitar la propagación de la Legionella, portada por diminutas gotas de agua, y su incorporación a los materiales de construcción o las superficies de los productos para evitar que se desarrollen microorganismos en ellos.

### **2.9.2. Función de los biocidas**

Las principales funciones según Productécnica Ingeniería SA, 2010, n.f. son:

- 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.

### **2.9.3. Requerimientos para los biocidas**

Todo tipo de bactericida que se emplee en el proceso del azúcar de acuerdo a Obsidián, 2010, p.5 debe reunir las siguientes características:

- Ser eficiente para controlar los microorganismos que causan la inversión de los azúcares. Debido al gran tonelaje de caña y de jugo que se procesan en los ingenios, la relación costo eficiencia del bactericida es fundamental para que se pueda obtener un balance económico favorable entre el costo del tratamiento y el beneficio obtenido.
  
- Reunir características de no toxicidad, degradabilidad técnica y biodegradabilidad. Estos parámetros son especialmente importantes debido a que se trata de un producto de consumo humano, por un lado, y por los estrictos requerimientos medioambientales de la actualidad.

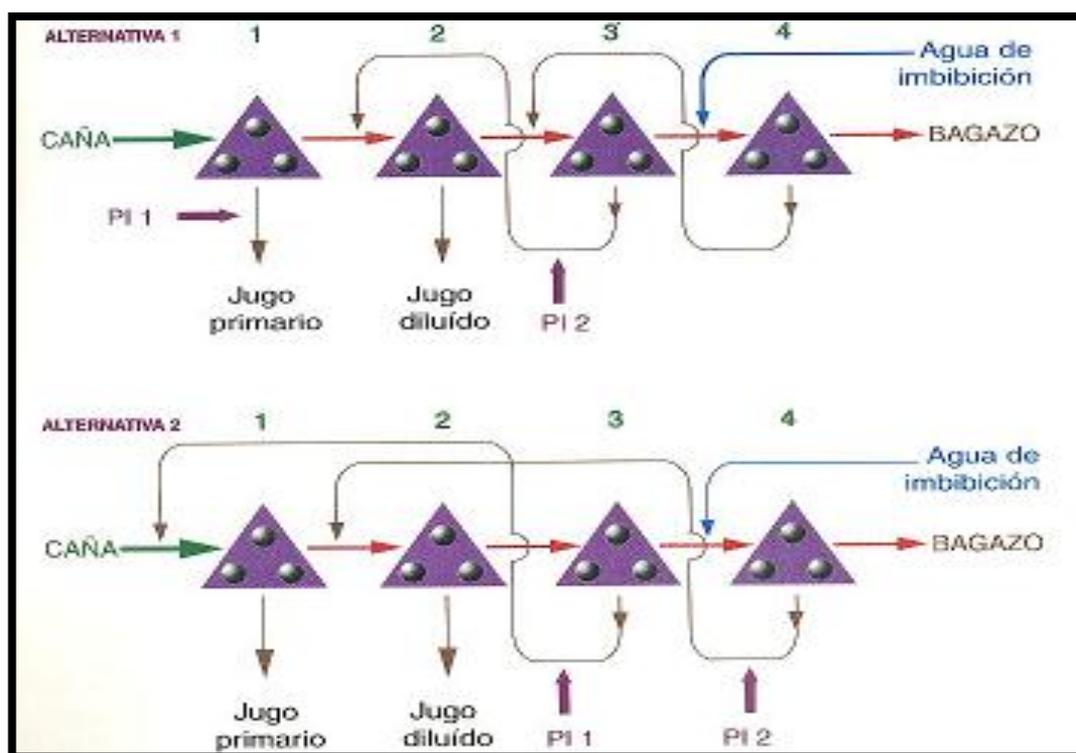
### **2.9.4. Puntos de aplicación**

Estos productos se aplican en dos instancias, establecido por Obsidian, 2010, p.6:

- ❖ En el tratamiento permanente del jugo que se extrae en los molinos.
- ❖ En programas de limpieza y sanitización de los equipos.

**Gráfico 7. Sistema óptimo de dosificación de biocida en un tren de molienda, dependiendo del sistema de circulación de fluidos.**

**La dosis se divide en dos puntos de inyección PI1 y PI2, de forma de cubrir todo el sistema.**



**Fuente:** Tomada de Obsidián, 2010.(p.6).

## **2.10. IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES DE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR**

Los impactos ambientales en las industrias azucareras según Randall, 2009, (p.14-15) están clasificadas en:

**2.10.1. Empleo:** el cultivo de caña de azúcar es una actividad que al no estar altamente mecanizada genera una importante cantidad de empleos a través de todo su proceso, inclusive hasta en su industrialización.

Las fases en las que mayor cantidad de mano de obra se requiere, o que utilizan mano de obra calificada son la preparación del terreno, el control fitosanitario y la cosecha, particularmente la corta y la alza de la caña. Este es un aspecto positivo asociado a la industria del azúcar de caña, que debe estar presente en el proceso negociador.

**2.10.2. Salud y seguridad:** dentro de las actividades menos seguras para el humano en el cultivo de caña está la corta – zafra. Esto porque en ella se registran accidentes primordialmente cuando la corta es manual. La quema es otra actividad perniciosa debido a la liberación de calor y de gases perjudiciales como el dióxido de carbono. Además es necesario tomar en cuenta el peligro potencial que representa la quema de grandes extensiones de cultivo. Otras actividades con impacto negativo sobre la salud son la maduración artificial y el control de malezas por la toxicidad que tienen los residuos con los que existe contacto.

Dentro de las actividades que tienen impacto positivo sobre la salud destacan el drenaje, por la eliminación de charcos y pantanos favorables a la cría de insectos patógenos para el ser humano; el control de insectos; el control de ratas por ser considerados “plaga” en cualquier sitio donde se encuentren seres humanos, dado que tienen impacto en la salud pública; y la fertilización orgánica en la medida en que al realizarse, se sustituye una actividad perniciosa como la fertilización química.

**2.10.3. Impactos sobre las aguas superficiales:** las labores como el control de malezas y la fertilización química tienen un impacto negativo sobre las aguas superficiales y que se acentúa en la época de lluvias. Los residuos de plaguicidas y de fertilizantes son arrastrados hacia los ríos o fuentes naturales de agua con ayuda del agua de riego, con lo que el agua se contamina con agentes biocida o aumenta su concentración de nitratos.

El riego así como el lavado de la caña, tienen el inconveniente de que disminuyen el caudal de agua disponible para otros usos (consumo humano, transporte, recreación, etc.) de los ríos de los que se alimentan. Por su parte el establecimiento de los canales de riego y drenaje así como la nivelación, tienen un impacto positivo sobre las aguas superficiales al canalizar y distribuir mejor las aguas pluviales que se obtienen por percolación y lixiviación y al evitar encharcamientos. La arada, el surcado y la siembra ejercen un impacto positivo sobre las aguas pues descompactan el suelo mejorando su aireación y su capacidad para filtrar las aguas pluviales.

**2.10.4. Impacto sobre las aguas subterráneas:** la fertilización química tiene un impacto negativo sobre las aguas subterráneas ya que los nitratos liberados muchas veces no son absorbidos por las plantas ni organismos con lo que se filtran hacia las capas más profundas de la tierra hasta llegar a los mantos de agua subterránea. Los canales de riego en ocasiones son alimentados con aguas que se encuentran bajo la capa terrestre a través de pozos.

La labor de riego disminuye la cantidad de agua disponible para otros usos por lo que se considera que su impacto es negativo. Al igual que en el caso de las aguas superficiales, en las aguas subterráneas el establecimiento de los canales de riego y los drenajes tienen un impacto positivo. Las prácticas de conservación de suelos favorecen una mayor absorción de aguas pluviales a capas internas del suelo con lo que tienen un impacto positivo sobre las aguas subterráneas.

Al respecto la alternativa propuesta es la maquinización de la actividad (corta en verde). Sin embargo, por los altos costos que esto implica, esta tecnología no estaría disponible para los pequeños productores con lo cual podrían desaparecer de la actividad.

**2.10.5. Impactos sobre la atmósfera:** el proceso que genera un mayor impacto ambiental negativo sobre la atmósfera es la quema de la caña, debido a la liberación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Otras actividades con un impacto negativo sobre la atmósfera son la molienda, el lavado y la centrifugación, actividades pertenecientes a la fase de industrialización del azúcar pero que por lo general generan mucho ruido. Por su parte la fertilización orgánica conlleva la emisión de olores fuertes por la descomposición de la cachaza que se percibe en las zonas aledañas al lugar de aplicación.

El control de malezas y la maduración artificial implican la emisión de plaguicidas. Esta práctica ocasiona un impacto negativo leve sobre la calidad del aire por la acción biocida de las sustancias utilizadas. Finalmente cabe destacar que la siembra de la caña tiene un impacto positivo alto sobre la calidad de la atmósfera debido a que las características propias del cultivo lo hacen muy eficiente en la fijación de dióxido de carbono, aún más que un bosque natural.

**2.10.6. Impacto sobre la fauna:** el mayor impacto negativo sobre la fauna lo genera la quema de la caña debido a que elimina todos los animales e insectos que encuentre a su paso. Seguidamente tenemos que la labor de control de malezas y la maduración artificial mediante agroquímicos producen un impacto negativo sobre la fauna por ser sustancias tóxicas. La corta y el alza son procesos que también eliminan en cierto grado la fauna presente en la plantación y por tanto la impactan en forma negativa.

El control de la rata cañera genera un impacto negativo directo sobre este animal e indirecto sobre los animales que se alimentan o dependen de alguna manera de éste. Como factores con un impacto positivo sobre la fauna en el cultivo de caña tenemos las prácticas de conservación de suelos, el riego, el drenaje y la remanga. Debido básicamente a que al aumentar la fertilidad y productividad del suelo, así como la disponibilidad de agua durante todo el año, favorecen la disponibilidad de espacio y alimento para las aves, los insectos, etc.

**2.10.7. Erosión:** nuevamente aquí son las labores de control de malezas y la quema las que generan el mayor impacto ambiental negativo. Esto por cuanto ambas actividades eliminan la capa vegetal del suelo, con lo que se favorece la erosión tanto hídrica como eólica. Durante otras fases del proceso de cultivo de caña se mitigan los efectos adversos de la erosión, dentro de ellos destaca la nivelación (a través de la elaboración de terrazas o zanjas) como ya se comentó; la siembra, puesto que el sistema radicular de la caña es muy profuso; la fertilización orgánica y la remanga, ya que dichas actividades implican la incorporación de materia orgánica en el suelo con lo que, además de protegerlo del contacto directo con el agua y el viento, al descomponerse forma suelo nuevo.

## **CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. MATERIALES**

#### **3.1.1. Instrumentos**

- Probeta de 250 ml
- Vasos de precipitación
- Pinzas
- Pipetas de 5, 10, 25 ml
- Balón Kohlrausch
- Matraces
- Bureta
- Soporte universal
- Agitador magnético

#### **3.1.2. Equipos.**

- Cocina eléctrica
- Refractómetro de muestra continua
- Polarímetro
- pH-metro

#### **3.1.3. Reactivos**

- Solución de Fehling A
- Solución de Fehling B
- Octapol
- Azul de metileno

## 3.2. MÉTODOS

### 3.2.1. Caracterización del área de estudio

La investigación se realizó en los laboratorios de INGENIO IANCEM, el mismo que cuenta con los equipos necesarios para realizar los respectivos análisis y pruebas.

#### 3.2.1.1. Ubicación del experimento

Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Lugar	INGENIO IANCEM
Altitud	1520 m.s.n.m
Temperatura media	22 °C

#### 3.2.2. Tratamientos en estudio

Los tratamientos estuvieron conformados por cuatro dosis de PROQUAT BC 50, cuatro dosis de PROCIDE BC 800 30 H y uno sin aplicación de biocida los mismos que se presentan en el Cuadro 4:

**Cuadro 4. Tratamientos evaluados.**

N° Tratamientos	Dosis (ppm)	
T1	5	PROQUAT BC 50
T2	10	
T3	15	
T4	20	
T5	5	PROCIDE BC 800 30 H
T6	10	
T7	15	
T8	20	
T9	TESTIGO	

### 3.2.3. Diseño experimental

#### 3.2.3.1. Tipo de diseño

En la presente investigación se utilizó un Diseño de Bloques Completo al Azar (DBCA).

#### 3.2.3.2. Características del experimento

Número de repeticiones por tratamiento	4
Número de tratamientos	9
Unidad experimental	36

#### 3.2.3.3. Características de la unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por muestras de jugo procedentes de los molinos con una cantidad de 500 ml

#### 3.2.3.4. Análisis Estadístico.

El esquema del análisis de estadístico se representa en el cuadro 5:

**Cuadro 5. Esquema de análisis de varianza ADEVA.**

<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>GL</b>
Total	35
Tratamientos	8
Repeticiones	3
Error Experimental	24

- Coeficiente de variación (CV%)
- Tukey al 5% para tratamientos

### 3.2.4. Variables a evaluarse

El muestreo se realizó 4 veces por día en períodos de una hora para obtener una muestra homogénea de jugo durante el día, el cual se procedió a dosificar de acuerdo a los tratamientos planteados. La dosificación se realizó de la siguiente manera:

La muestra para cada tratamiento fue de 500 ml en las cuales se procedió a dosificar con las diferentes concentraciones de biocidas y transcurrido 24 horas se procedió a realizar los análisis de las variables propuestas.

#### 3.2.4.1. Variables cuantitativas

##### ❖ pH

Esta variable se evaluó a los diferentes tratamientos, con un pH – metro digital, valor que permitió establecer la acidez y a su vez la incidencia que existe en la inversión de sacarosa.



**Fotografía 3.** pH-metro digital

La toma de muestras de los jugos de caña se realizó en:

- *Jugo Primario*.- A la salida de la canaleta de recolección del primer molino.



**Fotografía 4.** Toma de muestra jugo primario

❖ ° Brix

Esta variable se evaluó a los diferentes tratamientos con un refractómetro digital, con lo que se determinó los sólidos solubles valor utilizado para cálculo del índice de infestación.



**Fotografía 5.** Refractómetro de muestra continua

La toma de muestras de los jugos de caña se realizó en:

- *Jugo Primario.*- A la salida de la canaleta de recolección del primer molino.

❖ Pol

Esta variable se evaluó a los diferentes tratamientos con un polarímetro, que determinó el contenido real de sacarosa presente en la muestra. El valor permite determinar la aplicabilidad de los biocidas, variable de mayor interés en el experimento, ya que depende el análisis económico del proyecto.



**Fotografía 6.** Polarímetro

La toma de muestras de los jugos de caña se realizó en:

- *Jugo Primario.*- A la salida de la canaleta de recolección del primer molino.

❖ Azúcares reductores (método de Lane Eynon)

Esta variable se evaluó a los diferentes tratamientos mediante el método Lane Eynon, valor que nos indica la cantidad de invertidos de sacarosa (glucosa y fructosa).



**Fotografía 6.** Reactivos (Fehling A, B) para determinación de azúcares reductores.

La toma de muestras de los jugos de caña se realizó en:

- *Jugo Primario.*-\_A la salida de la canaleta de recolección del primer molino.

❖ Índice de infestación

Esta variable se evaluará a cada uno de los tratamientos mediante la relación  $(\%AR \text{ (azúcares reductores)} / \text{° Brix}) * 100$ , donde indica la disminución o aumento de infestación, información que permitió establecer la dosis más adecuada de biocidas para su aplicación.

### 3.2.5. Manejo específico del experimento

Para estimar el mayor rendimiento de sacarosa como resultado del uso de biocidas en cualquier ingenio, se requerirá contar con datos exactos sobre la pureza y la cantidad de azúcar invertido del jugo de los molinos; en los diferentes tratamientos. La aplicación de los biocidas y muestreo para el análisis del jugo, se realizó según el siguiente esquema.

### **3.2.5.1. PUNTOS DE APLICACIÓN Y MUESTREO DEL JUGO EN EL ÁREA DE MOLINOS DEL IANTEM**

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el presente capítulo se presentan los resultados de la investigación “Evaluación de dos biocidas (PROQUAT BC 50, PROCIDE BC 800 30 H) e implicaciones económicas del procedimiento de sanitización de jugos de caña en el área de molinos del IANCEM”, con la finalidad de comprobar si la aplicación de los biocidas influyen o no en el rendimiento de sacarosa.

Para la determinación de la dosis adecuada de biocida se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA) con su respectivo análisis estadístico. Adicionalmente se realizó un análisis de curvas del comportamiento de las variables con relación a las dosis de los biocidas.

Con el fin de dar seguimiento, se procedió a realizar un análisis semanal del comportamiento de los jugos de caña procedente de cada molino mediante la evaluación: ° Brix vs Índice de Infestación:

- ✓ **Semana 1:** condiciones en que la fábrica estaba aplicando el producto.
- ✓ **Semana 2:** sin aplicación de biocida.
- ✓ **Semana 3:** aplicación de biocida PROCIDE BC 800 30H en los molinos 2 y 3.
- ✓ **Semana 4:** aplicación de biocida PROQUAT BC 50 en los molinos 2 y 3.
- ✓ **Semana 5:** aplicación de biocida PROQUAT BC 50 en los molinos 2 y 4.
- ✓ **Semana 6:** aplicación de biocida PROCIDE BC 800 30H en los molinos 2 y 4.

También se realizó análisis de las pérdidas de sacarosa y costos de los biocidas de acuerdo al orden planteado anteriormente.

#### 4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES

Para realizar el análisis a través del diseño de bloques completo al azar (DBCA), se consideró como tratamientos a las dosis (5, 10, 15, 20) ppm de cada uno de los biocidas y un testigo. Además, se evaluó las variables cuantitativas: pH, ° Brix, Pol, azúcares reductores e índice de infestación en cada uno de los tratamientos.

##### 4.1.1. Análisis de pH

**Cuadro 6. Valores obtenidos de pH del jugo primario.**

TRAT.	PPM	I	II	III	IV	SUMA TRAT.	MEDIA
T1	5	3,970	4,560	4,020	4,230	16,780	4,195
T2	10	3,920	4,550	4,040	4,220	16,730	4,183
T3	15	3,830	4,570	4,040	4,200	16,640	4,160
T4	20	3,830	4,530	4,020	4,180	16,560	4,140
T5	5	3,940	4,550	4,050	4,230	16,770	4,193
T6	10	3,900	4,560	4,040	4,220	16,720	4,180
T7	15	3,930	4,560	4,060	4,230	16,780	4,195
T8	20	3,920	4,580	4,050	4,230	16,780	4,195
T9	0	3,920	4,580	4,010	4,220	16,730	4,183
	<b>SUMA REP.</b>	35,160	41,040	36,330	37,960	150,490	<b>4,180</b>

Según la literatura citada por Chen 1967, argumentan que el pH del jugo de la planta madura normal de la caña de azúcar varía entre 4,73 – 5,63 y en caña dañada los valores de pH son muy bajos (p.58). En la presente investigación nos registra valores de 4,140 – 4,195 de pH, los cuales son considerados valores bajos ya que no se encuentran dentro del rango mencionado anteriormente, esto es

debido a la degradación que fueron sometidos los jugos en un tiempo de 24 horas bajo condiciones ambientales del ingenio. La disminución de pH es uniforme en los diferentes tratamientos por lo que, las dosis de los biocidas no influyen en el control del pH, manteniendo una igualdad estadística entre ellos.

**Cuadro 7. ADEVA de la variable pH.**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>
<b>Total</b>	35	2,194	-			
<b>Tratamientos.</b>	8	0,011	0,001	1,000 <sup>NS</sup>	2,36	3,36
<b>Repeticiones</b>	3	2,170	0,723	723,000 <sup>**</sup>	3,01	4,72
<b>ERROR EXP.</b>	24	0,013	0,001			

**C.V = 0,757%**

**\*\*:** Altamente significativo

**\*:** Significativo

**NS:** No significativo

El análisis de varianza indica alta significación estadística para repeticiones. Significa que la calidad del jugo de caña es diferente en cada uno de los bloques y para tratamientos no existe significación estadística, considerando que hay igualdad entre ellos, por lo que no existe influencia de los biocidas. El valor del C.V. es de 0,757% valor aceptable para una investigación realizada en laboratorio, según un pH promedio de 4,18.

#### 4.1.2. Análisis de los ° BRIX

**Cuadro 8. Valores obtenidos del ° Brix del jugo primario para cada uno de los tratamientos.**

<b>N°</b>	<b>PPM</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>SUMA TRAT.</b>	<b>MEDIA</b>
<b>T1</b>	5	18,74	19,36	19,49	19,25	76,840	19,210
<b>T2</b>	10	19,00	19,17	19,85	19,39	77,410	19,353
<b>T3</b>	15	18,89	19,08	19,29	19,14	76,400	19,100
<b>T4</b>	20	18,75	18,93	19,62	19,15	76,450	19,113
<b>T5</b>	5	19,03	19,07	19,89	19,38	77,370	19,343
<b>T6</b>	10	18,97	18,95	19,92	19,33	77,170	19,293
<b>T7</b>	15	18,92	18,86	19,74	19,22	76,740	19,185
<b>T8</b>	20	18,85	18,71	19,73	19,12	76,410	19,103
<b>T9</b>	0	18,85	19,18	19,68	19,29	77,000	19,250
	<b>SUMA REP.</b>	170,000	171,310	177,210	173,270	691,790	<b>19,216</b>

En la presente investigación los valores promedios de los ° Brix de cada uno de los tratamientos correspondientes al cuadro 8, se encuentran dentro de los rangos aceptables en fábrica de (12 a 20) ° Brix y según la literatura citada por Osorio 2007, argumenta que la concentración de los sólidos solubles en el jugo de una planta madura de caña de azúcar que ingresa a fabrica puede variar en épocas de lluvia entre (17 – 19) ° Brix y en épocas secas de (19 – 22) ° Brix (p.97). Por lo que se puede observar en el cuadro anterior los valores de ° Brix de los diferentes tratamientos se encuentran dentro de los rangos estipulados.

**Cuadro 9. ADEVA de la variable ° Brix.**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>
<b>Total</b>	35	4,092	-			
<b>Tratamientos.</b>	8	0,318	0,040	2,000 <sup>NS</sup>	2,36	3,36
<b>Repeticiones</b>	3	3,293	1,098	54,900 <sup>**</sup>	3,01	4,72
<b>ERROR EXP.</b>	24	0,481	0,020			

**C.V = 0,736%**

**\*\*:** Altamente significativo

**\***: Significativo

**NS:** No significativo

El análisis de varianza indica alta significación estadística para repeticiones es decir que la calidad del jugo de caña es diferente en cada uno de los bloques y para tratamientos no existe significación estadística, considerando que hay igualdad entre ellos por lo que no existe influencia de los biocidas. El valor del C.V. es de 0,736% valor aceptable para una investigación realizada en laboratorio. La media para esta variable fue de 19,22 ° Brix.

#### 4.1.3. Análisis de Pol (cantidad de sacarosa presente en el jugo)

**Cuadro 10. Valores obtenidos de Pol del jugo primario para cada uno de los tratamientos.**

Nº	PPM	I	II	III	IV	SUMA TRAT.	MEDIA
T1	5	14,07	14,62	15,74	14,86	59,290	14,823
T2	10	14,30	14,58	15,89	14,97	59,740	14,935
T3	15	13,61	13,93	15,44	14,38	57,360	14,340
T4	20	13,76	14,16	15,57	14,47	57,960	14,490
T5	5	13,80	13,65	15,64	14,41	57,500	14,375
T6	10	13,83	14,02	15,90	14,63	58,380	14,595
T7	15	13,57	14,27	15,61	14,53	57,980	14,495
T8	20	13,50	14,20	15,66	14,50	57,860	14,465
T9	0	13,60	14,11	15,29	14,38	57,380	14,345
	<b>SUMA REP.</b>	124,040	127,540	140,740	131,130	523,450	<b>14,540</b>

**Cuadro 11. ADEVA de la variable Pol.**

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	0.05	0.01
<b>Total</b>	35	19,195	-			
<b>Tratamientos.</b>	8	1,417	0,177	8.045 **	2,36	3,36
<b>Repeticiones</b>	3	17,247	5,749	261,318**	3,01	4,72
<b>ERROR EXP.</b>	24	0,531	0,022			

**C.V = 1,020%**

\*\* : Altamente significativo

\* : Significativo

NS: No significativo

El análisis de varianza indica alta significación estadística para tratamientos por lo que son diferentes ya que existe influencia de los biocidas en cada uno de estos. Para repeticiones, se observa alta significación considerando que la calidad de los jugos de caña es diferente en cada uno de los bloques. El valor del C.V. es de 1,020% valor aceptable para una investigación realizada en laboratorio. La media para la variable Pol es de 14,54.

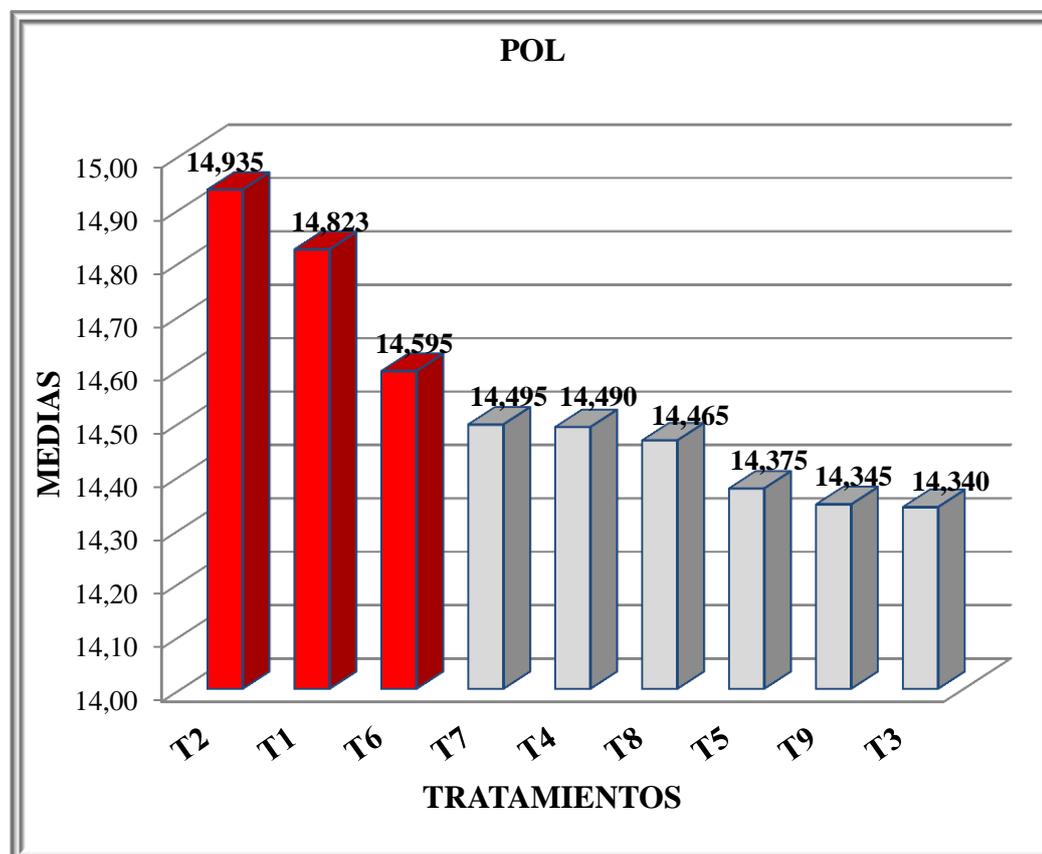
Al existir diferencia significativa, se realizó Tukey para tratamientos.

**Cuadro 12. Prueba TUKEY al 5% para tratamientos de la variable Pol.**

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
<b>T2 (PQ 10 ppm)</b>	14,935	<b>a</b>
<b>T1 (PQ 5 ppm)</b>	14,823	<b>a</b>
<b>T6 (PC 10 ppm)</b>	14,595	<b>a</b>
<b>T7 (PC 15 ppm)</b>	14,495	b
<b>T4 (PQ 20 ppm)</b>	14,490	b
<b>T8 (PC 20 ppm)</b>	14,465	b
<b>T5 (PC 5 ppm)</b>	14,375	b
<b>T9 (TESTIGO)</b>	14,345	b
<b>T3 (PQ 15 ppm)</b>	14,340	b

Según Tukey para tratamientos, se observa que existen dos rangos, donde los tratamientos que ocupan el rango “a” pertenecen a las mejores medias los cuales son: **T2**, **T1** y **T6**. Se considera a los valores de POL del rango “a” como los mejores ya que en estos contiene mayor cantidad de sacarosa presente en los jugos.

**Gráfico 8. Comportamiento de las medias para la Pol.**



En el gráfico 8, se indican los valores promedios de Pol; correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio. Donde los tres mejores son: T2 (PROQUAT BC 50 (10 ppm)), T1 (PROQUAT BC 50 (5 ppm)) y T6 (PROCIDE 800 30 H (10 ppm.)) con valores altos de Pol: 14,935; 14,823; 14,595 respectivamente.

Significa que tratamientos con valores mayores de Pol, existió menor degradación del jugo dando como resultado un efecto positivo de la acción de los biocidas, con lo cual se obtiene mejores rendimientos de sacarosa ya que la Pol es el contenido real de azúcar de caña presente en el jugo. [En línea] ([http://www.sugarcane crops.com/s/agronomic\\_practices/harvesting\\_management/](http://www.sugarcane crops.com/s/agronomic_practices/harvesting_management/)).

#### 4.1.4. Análisis de azúcares reductores

**Cuadro 13. Valores obtenidos del análisis de azúcares reductores del jugo primario para cada uno de los tratamientos.**

Nº	PPM	I	II	III	IV	SUMA TRAT.	MEDIA
<b>T1</b>	5	1,34	2,75	1,61	1,95	7,650	1,913
<b>T2</b>	10	1,46	2,60	1,87	2,03	7,960	1,990
<b>T3</b>	15	1,56	3,12	1,67	2,17	8,520	2,130
<b>T4</b>	20	1,71	3,06	1,97	2,30	9,040	2,260
<b>T5</b>	5	1,61	3,34	1,73	2,28	8,960	2,240
<b>T6</b>	10	1,67	3,12	1,73	2,22	8,740	2,185
<b>T7</b>	15	1,73	2,92	1,61	2,14	8,400	2,100
<b>T8</b>	20	1,80	3,22	1,87	2,27	9,160	2,290
<b>T9</b>	0	1,51	3,60	1,73	2,33	9,170	2,293
	<b>SUMA REP.</b>	14,390	27,730	15,790	19,690	77,600	<b>2,156</b>

**Cuadro 14. ADEVA de la variable Azúcares Reductores.**

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	0.05	0.01
<b>Total</b>	35	13,110	-			
<b>Tratamientos.</b>	8	0,584	0,073	3,042 *	2,36	3,36
<b>Repeticiones</b>	3	11,956	3,985	166,042**	3,01	4,72
<b>ERROR EXP.</b>	24	0,570	0,024			

**C.V = 7,150%**

\*\* : Altamente significativo

\* : Significativo

NS: No significativo

El análisis de varianza indica alta significación estadística para repeticiones, por lo que la calidad del jugo de caña es diferente en cada uno de los bloques. Y significación estadística al 5% para tratamientos, se considera que los tratamientos son diferentes. El valor del C.V. es de 7,150% valor aceptable para una investigación hecha en laboratorio. El valor promedio de azúcares reductores es de 2,156.

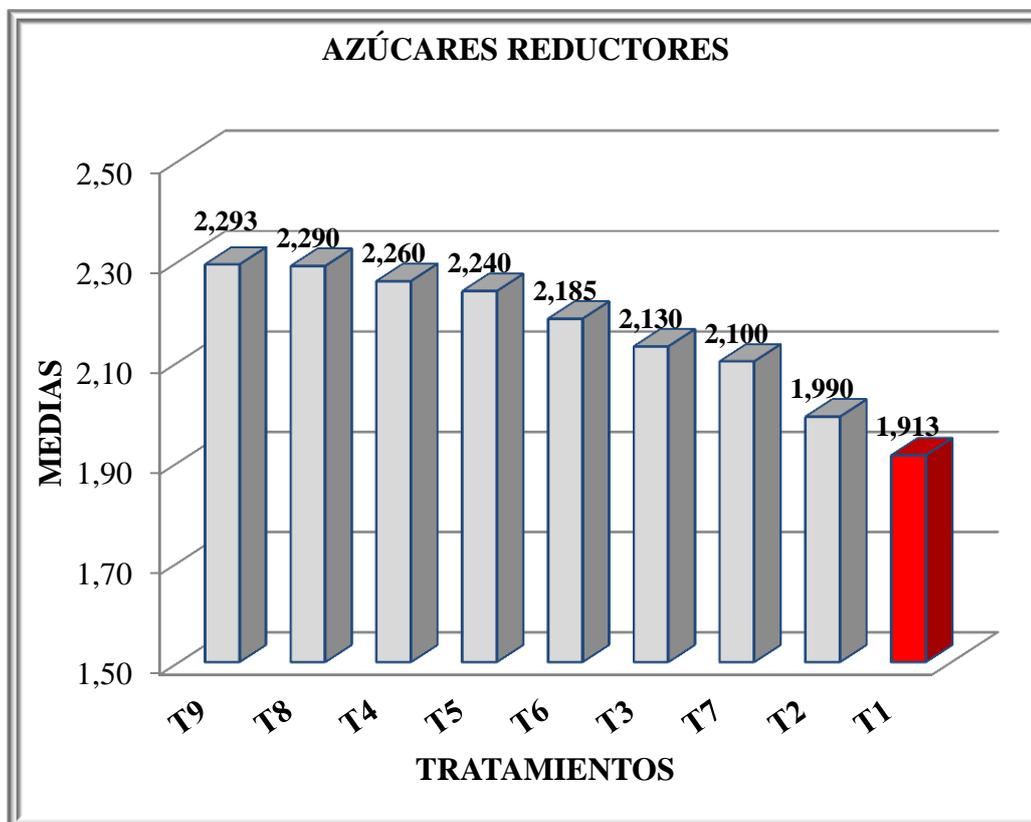
Al existir diferencia significativa, se realizó Tukey para tratamientos.

**Cuadro 15. Prueba TUKEY al 5% para tratamientos de la variable Azúcares Reductores.**

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T9 (TESTIGO)	2,293	a
T8 (PC 20 ppm)	2,290	a
T4 (PQ 20 ppm)	2,260	a
T5 (PC 5 ppm)	2,240	a
T6 (PC 10 ppm)	2,185	a
T3 (PQ 15 ppm)	2,130	a
T7 (PC 15 ppm)	2,100	a
T2 (PQ 10 ppm)	1,990	a
T1 (PQ 5 ppm)	1,913	<b>b</b>

Según Tukey para tratamientos se observa que existen dos rangos, donde el rango “b” es el tratamiento que tiene la media más baja en este caso es considerada como la mejor **T1**. Significa que mientras menor sea la cantidad de azúcares reductores en los jugos existió efectividad del biocida, evitando el desdoblamiento de la sacarosa en glucosa y fructosa.

**Gráfico 9. Comportamiento de las medias para los Azúcares Reductores.**



En el gráfico 9, se indican los valores promedios de azúcares reductores correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio. Siendo identificado como el mejor; T1 (PROQUAT BC 50 (5 ppm)) con un valor de 1,913 de azúcares reductores.

Los azúcares reductores son el producto intermedio de la descomposición de la sacarosa y son el índice más empleado para la detección de pérdidas en jugos de acuerdo a Serrano, 2006. (p.27), por esta razón se determinó que los valores bajos de azúcares reductores son los mejores.

#### 4.1.5 Análisis del índice de infestación

**Cuadro 16. Valores obtenidos del análisis del índice de infestación del jugo primario para cada uno de los tratamientos.**

Nº	PPM	I	II	III	IV	SUMA TRAT.	MEDIA
T1	5	7,15	14,20	8,26	9,92	39,530	9,883
T2	10	7,68	13,56	9,42	10,27	40,930	10,233
T3	15	8,26	16,33	8,66	11,13	44,380	11,095
T4	20	9,12	16,16	10,04	12,01	47,330	11,833
T5	5	8,46	17,51	8,70	11,61	46,280	11,570
T6	10	8,80	16,46	8,68	11,36	45,300	11,325
T7	15	9,14	15,48	8,16	10,98	43,760	10,940
T8	20	9,55	17,21	9,48	11,87	48,110	12,028
T9	0	8,01	18,76	8,79	11,90	47,460	11,865
	<b>SUMA REP.</b>	76,170	145,670	80,190	101,050	403,080	<b>11,197</b>

**Cuadro 17. ADEVA de la variable índice de infestación.**

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	0.05	0.01
<b>Total</b>	35	371,299	-			
<b>Tratamientos.</b>	8	17,720	2,215	3,483 **	2,36	3,36
<b>Repeticiones</b>	3	338,310	112,770	177,311 **	3,01	4,72
<b>ERROR EXP.</b>	24	15,264	0,636			

**C.V = 7,120%**

\*\* : Altamente significativo

\* : Significativo

NS: No significativo

El análisis de varianza indica alta significación estadística para tratamientos por lo que se considera que son diferentes debido a la influencia de los biocidas. Para las repeticiones existe alta significación es decir la calidad de los jugos de caña es diferente en cada uno de los bloques. El valor del C.V. es de 7,120% valor aceptable en la investigación. La media del índice de infestación es de 11,197.

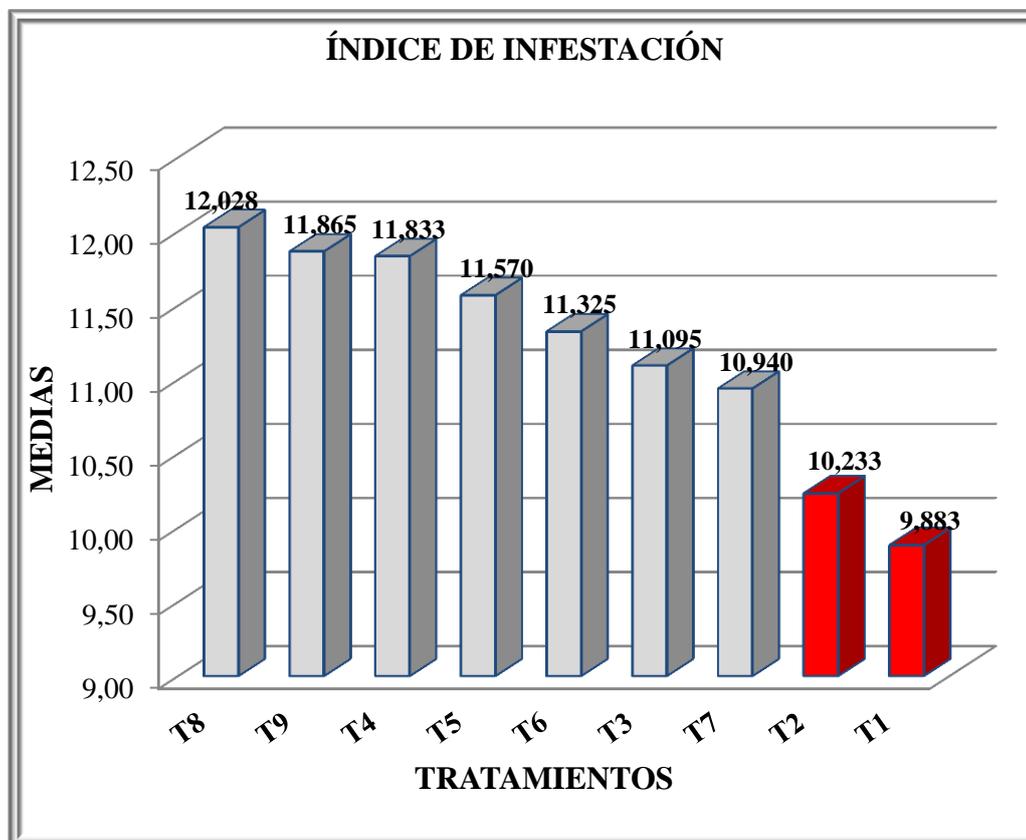
Al existir diferencia significativa, se realizó Tukey para tratamientos.

**Cuadro 18. Prueba TUKEY al 5% para tratamientos de la variable índice de infestación.**

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
<b>T8 (PC 20 ppm)</b>	12,028	a
<b>T9 (TESTIGO)</b>	11,865	a
<b>T4 (PQ 20 ppm)</b>	11,833	a
<b>T5 (PC 5 ppm)</b>	11,570	a
<b>T6 (PC 10 ppm)</b>	11,325	a
<b>T3 (PQ 15 ppm)</b>	11,095	a
<b>T7 (PC 15 ppm)</b>	10,940	a
<b>T2 (PQ 10 ppm)</b>	10,233	<b>b</b>
<b>T1 (PQ 5 ppm)</b>	9,883	<b>b</b>

Según Tukey para tratamientos, se observa que existen dos rangos donde “b” tienen las mejores medias son: **T2** y **T1**. Significa que mientras menor sea el índice de infestación lo niveles de pérdidas de sacarosa serán menores.

**Gráfico 10. Comportamiento de las medias del índice de infestación.**

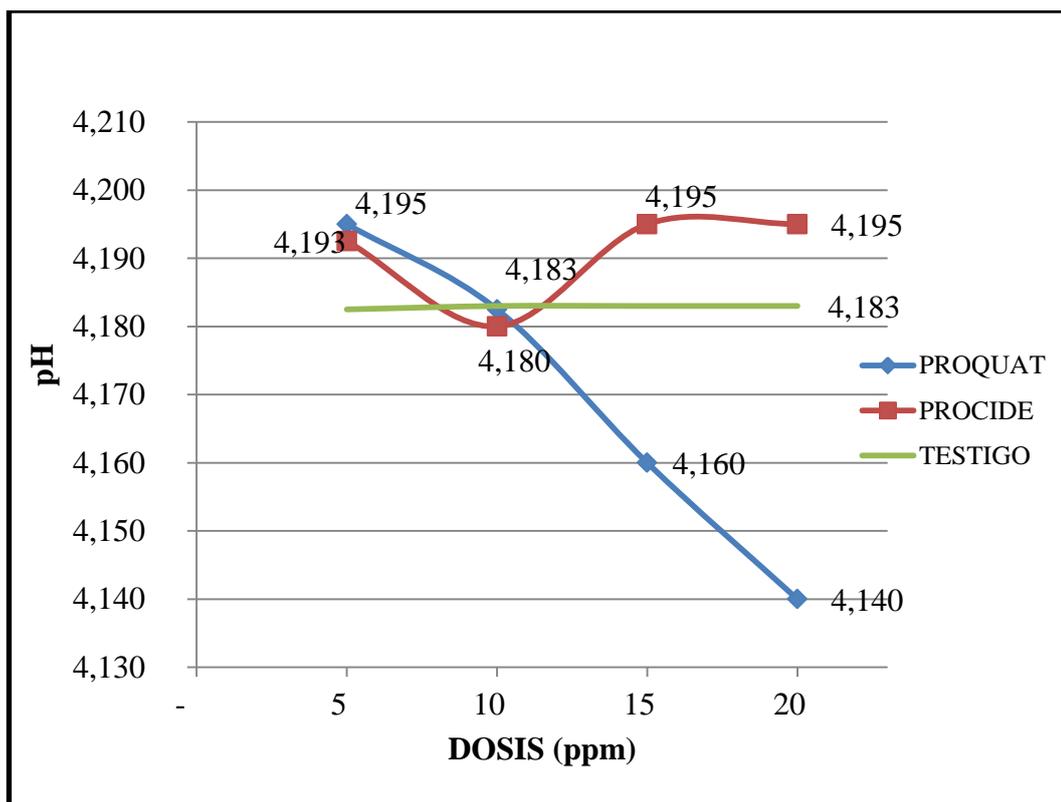


En el gráfico 10, se indican los valores promedios del índice de infestación correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio. Siendo identificados como los dos mejores: T2 (PROQUAT BC 50 (5ppm)), T1 (PROQUAT BC 50 (5 ppm)) con valores bajos del índice de infestación que son: 10,233; 9,883 respectivamente.

Según Mora (1995), citado en la revista REDADALYC (2009), menciona que el nivel de contaminación es una de la principales cepas en la producción de ácido láctico, ácido acético, y etanol a partir de la fermentación, e induce al mismo tiempo mayores pérdidas de sacarosa. El índice de infestación está reflejado en el nivel de contaminación que sufren los jugos, como se puede observar en el gráfico 6 los tratamientos 1 y 2 son los de menor infestación en los cuales las dosis de biocidas tuvieron mayor efecto.

#### 4.2. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES CON RELACIÓN A LAS DOSIS DE LOS BIOCIDAS

**Gráfico 11. Comportamiento de las diferentes dosis de los biocidas y testigo con relación al pH de los jugos de caña.**

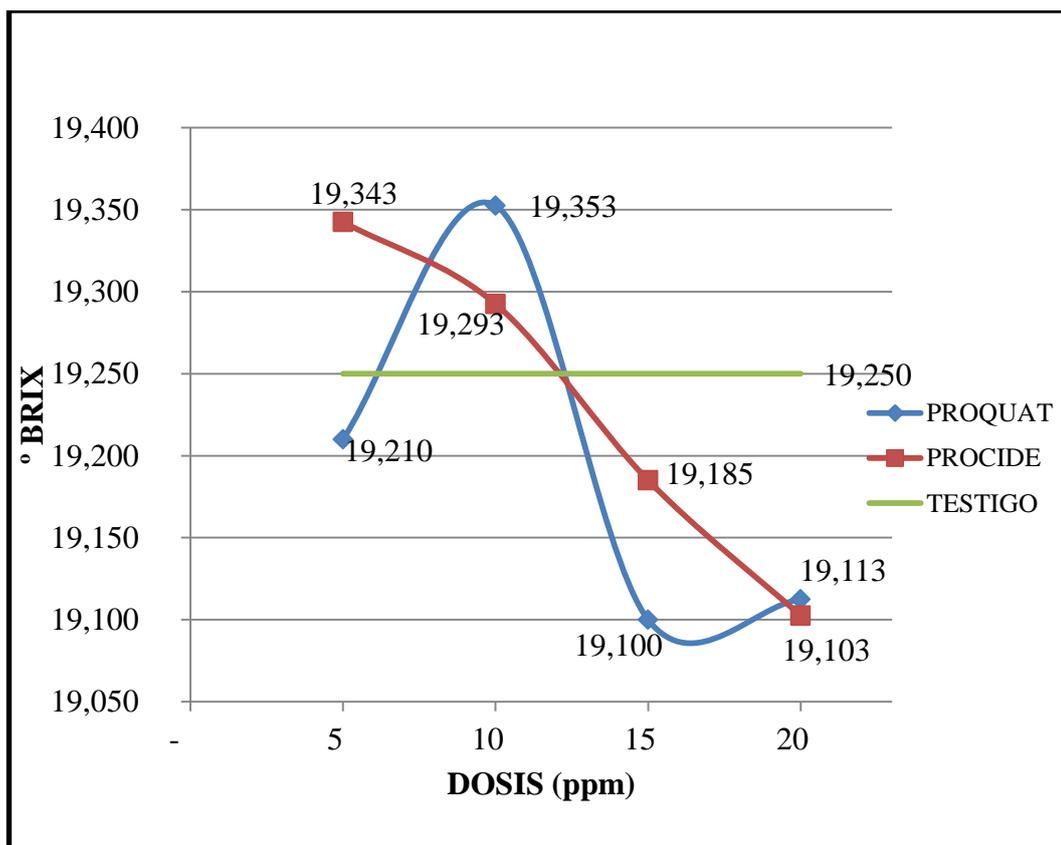


En el gráfico 11, se indican los valores promedios de pH correspondientes a cada una de las dosis de biocidas PROQUAT BC 50, PROCIDE BC 800 30 H y el testigo analizados en el laboratorio.

De acuerdo a la curva del primer biocida, observamos que el pH disminuye con relación a una mayor dosis, con una disminución del 0,055 de acidez valor mínimo considerado despreciable en medición de pH. En el comportamiento del biocida PROCIDE BC 800 30 H observamos una estabilidad para las diferentes dosis a excepción de la 10 ppm que tuvo una disminución de 0,015 de acidez. El testigo se encuentra dentro del valor promedio de pH de cada uno de los

tratamientos. Por lo que, el valor del pH por efecto de los biocidas no influyeron significativamente en el control de esta variable analizada.

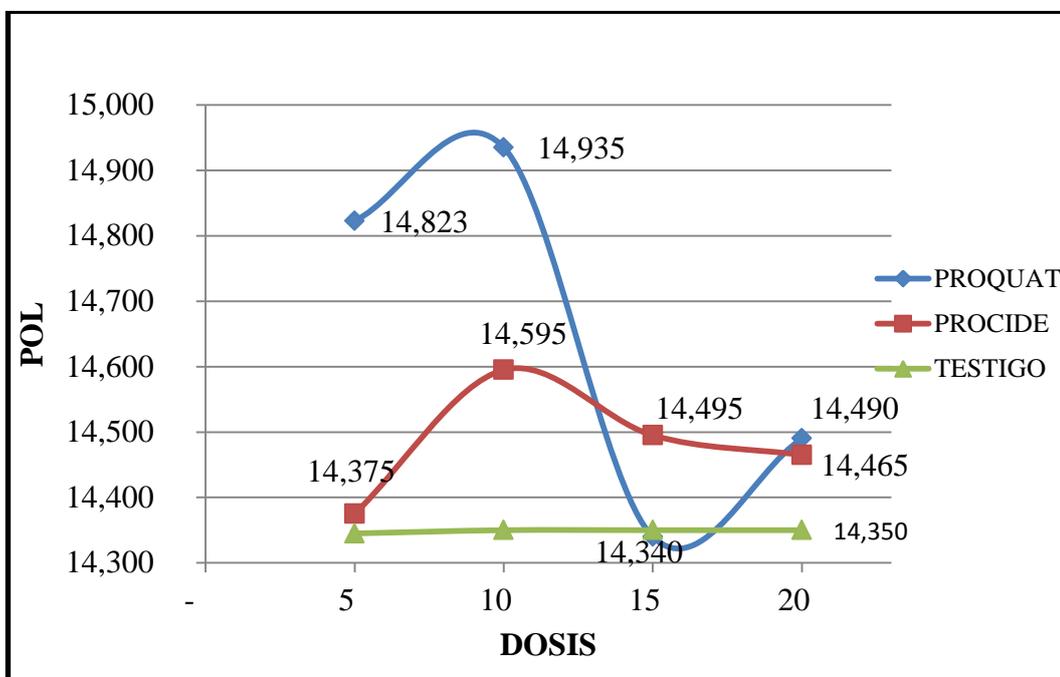
**Gráfico 12. Comportamiento de las diferentes dosis de los biocidas y testigo con relación a los ° Brix de los jugos de caña.**



En el gráfico 12, se indican los valores promedios de los ° Brix correspondientes a cada una de las dosis de biocidas PROQUAT BC 50, PROCIDE BC 800 30 H y un testigo analizado en el laboratorio.

Siendo identificadas como las mejores dosis las de 10 ppm para PROQUAT BC 50 con un ° Brix de 19,35 y 5 ppm para PROCIDE BC 800 30 H con un ° Brix de 19,34. Estos tratamientos tuvieron mayor efecto a la degradación de los jugos ya que lograron mantener valores de Brix más altos. Sin embargo estas dosis no inciden significativamente en la investigación.

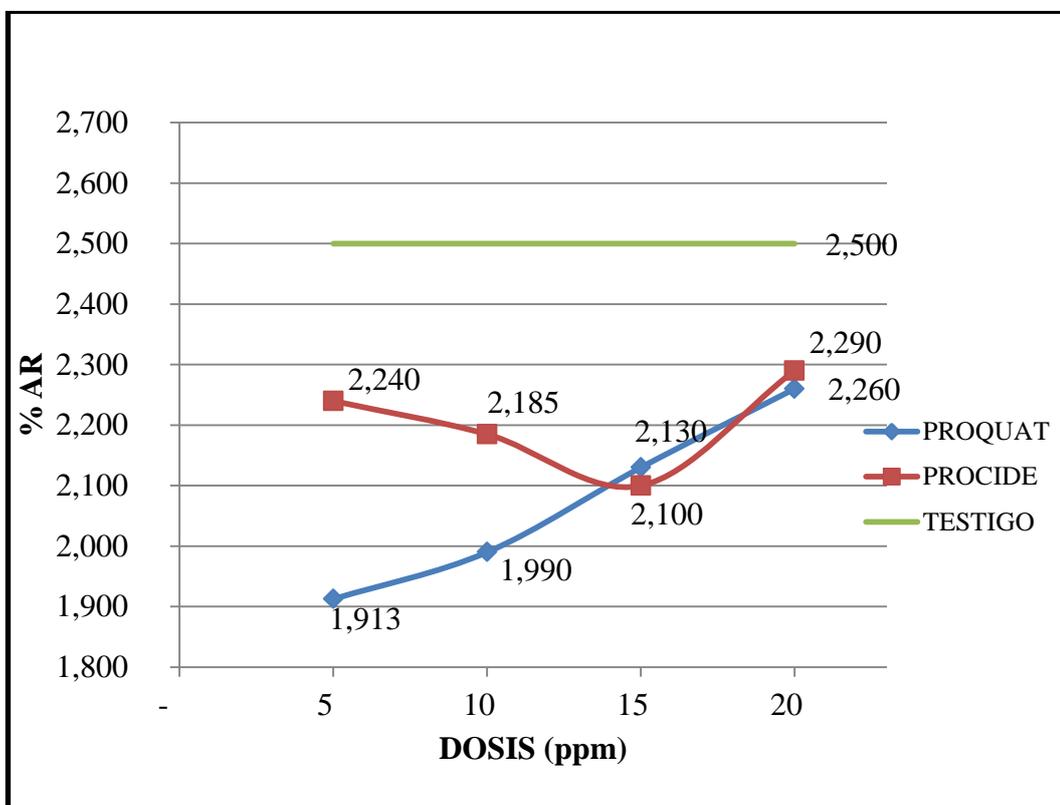
**Gráfico 13. Comportamiento de las diferentes dosis de los biocidas y testigo con relación a la Pol de los jugos de caña.**



En el gráfico 13, se indican los valores promedios de la Pol correspondientes a cada una de las dosis de biocidas PROQUAT BC 50, PROCIDE BC 800 30 H y un testigo analizados en el laboratorio.

Las mejores dosis son las de 10 ppm para PROQUAT BC 50 con una Pol de 14,935 siendo la más predominante y para PROCIDE BC 800 30 H con una Pol de 14,595. En toda industria azucarera se requiere jugos que contengan mayor cantidad de sacarosa la cual se determina con el análisis de Pol este parámetro nos ayuda a cuantificar el rendimiento de sacarosa en jugos y en producto terminado.

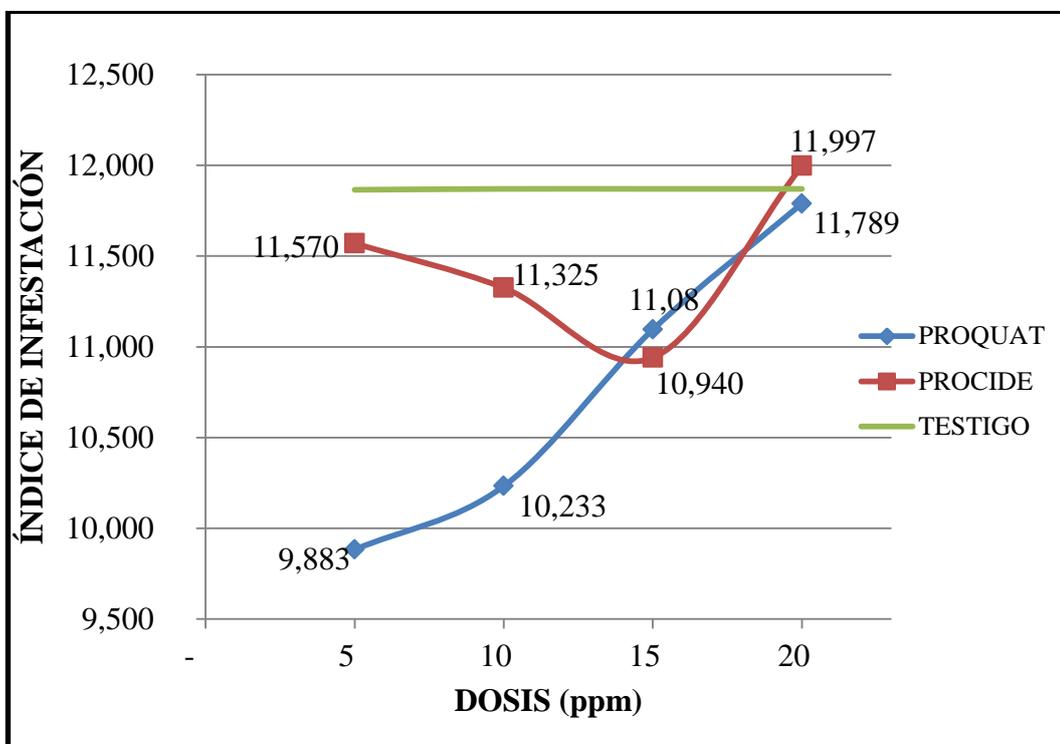
**Gráfico 14. Comportamiento de las diferentes dosis de los biocidas y testigo con relación al % Azúcares Reductores de los jugos de caña.**



En el gráfico 14, se indican los valores promedios de % de azúcares reductores correspondientes a cada una de las dosis de biocidas PROQUAT BC 50, PROCIDE BC 800 30 H y un testigo analizados en el laboratorio.

Se considera como las mejores dosis las de 5 ppm para PROQUAT BC 50 con un % de azúcares reductores de 1,913 siendo la más predominante y 15 ppm para PROCIDE BC 800 30 H con un % de azúcares reductores de 2,100. Tomando como referencia el valor de reductores del testigo que es de 2.500 se puede observar que, hay efecto de los biocidas en esta variable ya que estos tratamientos se encuentran con valores de 1,193 - 2,100 de reductores por lo que la inversión de sacarosa es menor.

**Gráfico 15. Comportamiento de las diferentes dosis de los biocidas y testigo con relación al Índice de Infestación de los jugos de caña.**



En el gráfico 15, se indican los valores promedios del índice de infestación correspondientes a cada una de las dosis de biocidas PROQUAT BC 50, PROCIDE BC 800 30 H y un testigo analizados en el laboratorio.

Se identificó como mejores dosis las de 5 ppm para PROQUAT BC 50 con un valor de 9,883 siendo la más predominante y 15 ppm para PROCIDE BC 800 30 H con un valor de 10,940. En los cuales se obtuvo una menor proliferación de microorganismos, evitando así la pérdida de sacarosa en estos jugos.

### 4.3. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS JUGOS DE EN CADA UNA DE LAS SEMANAS

Luego de haber determinado la mejor dosis de biocida (10 ppm tanto para PROQUAT BC 50 y PROCIDE BC 800 30 H) mediante el análisis estadístico y cualitativo, se procedió a evaluar el comportamiento de su aplicación en el tandem de molinos en cada una de las semanas evaluadas.

**Cuadro 19. Análisis semanal de los jugos de caña con dosificación en los molinos 2 y 3 (evaluación preliminar).**

SEMANA 1		° Brix Jugo Prensado	20,81	Molienda TM	
Fecha	17-20 / 08 /10	%Invertidos en Caña	0,59	4301	
Condición	Evaluación preliminar	Pol Caña	12,61	% ME	
Pol bagazo	4,07	% I.F Jugo prensado	2,84	2,97	
MOLINOS	° Brix	% AR	I.F (AR/°Brix)*100	Inversión sacarosa kg/TM	Pérdida kg Sacarosa
1	19,71	0,69	3,50	0,14	343,35
2	11,64	0,44	3,78	0,05	114,45
3	7,10	0,21	2,96	0,09	22,74
4	4,83	0,19	3,93	0,07	39,55

Fuente: Laboratorio principal IANCEM.

\* **TM:** Toneladas Métricas

\* **I.F:** Índice de Infestación

\* **AR:** Azúcares Reductores

\* **ME:** Materia Extraña

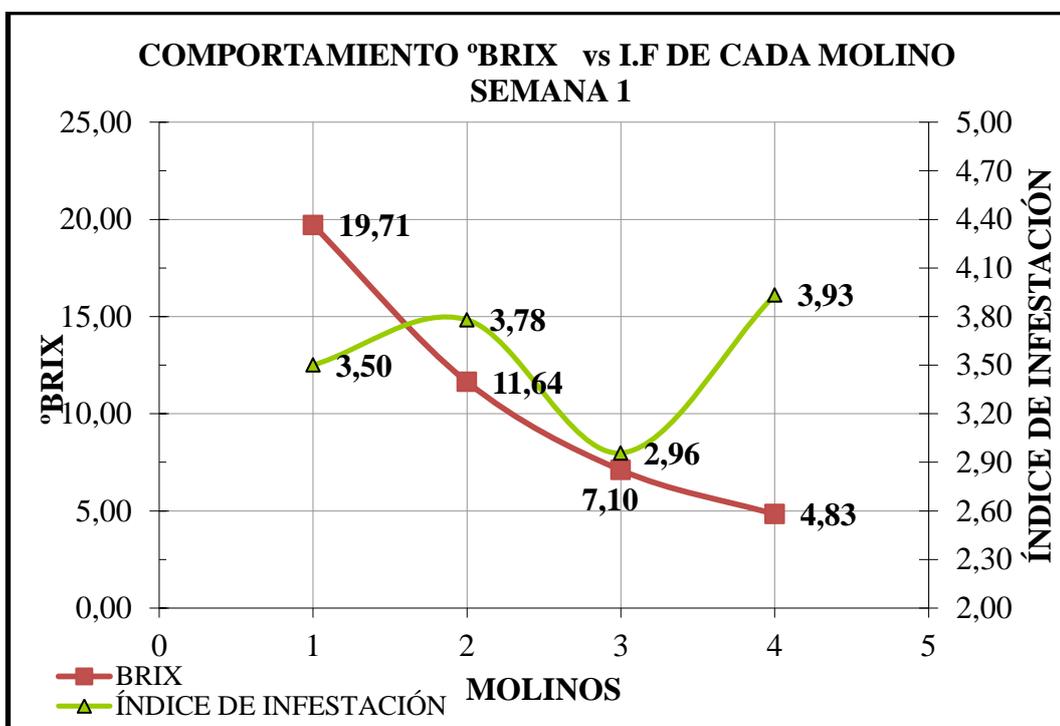
El cuadro anterior corresponde a la semana 1 (evaluación preliminar) con una molienda de 4301 TMC, donde se analizó las condiciones de la materia prima y características de los jugos con el sistema de aplicación de los biocidas con el cual la fábrica laboraba normalmente. Esto permitió obtener parámetros que nos

servirán para determinar la inversión de sacarosa expresada en kg/TM y las pérdidas de sacarosa expresadas en kg.

Los análisis previos al ingreso de la materia prima a fabrica realizados en el laboratorio de campo fueron: % de materia extraña 2,97; % de invertidos de caña 0,59; % índice de infestación jugo prensado 2,84; ° Brix jugo prensado 20,8 y Pol de caña 12,6. Con estas condiciones podemos decir, que la calidad de la materia prima es regular y a su vez determinará los resultados de las variables ° Brix, % azúcares reductores e índice de Infestación de los jugos de caña procedentes de los molinos que fueron analizados en el laboratorio general.

La cantidad de inversión de sacarosa por tonelada de caña molida varía dependiendo de los sólidos totales y del índice de infestación de los jugos de caña procedentes de cada molino, esta variación más el % de materia extraña nos permitió obtener las pérdidas de sacarosa en los diferentes molinos con su respectivo % de extracción (molino 1 (60%), molino 2 (20%), molino 3 (10%) y molino 4 (10%)) en 4301 TMC molidas.

**Gráfico 16. Comportamiento ° Brix vs. Índice de Infestación de cada molino durante la semana preliminar con dosificación en los molinos 2 y 3.**



En el gráfico 16, se indican los valores promedios del comportamiento del índice de infestación con relación a los ° Brix en cada uno de los molinos con el sistema de aplicación de biocidas que realizaba la empresa. Donde se determinó que en los molinos 2 y 4 existe mayor infestación, siendo el más afectado el molino 2 ya que contiene mayor cantidad de sacarosa presente en los sólidos totales. Como se puede apreciar en la gráfica, la curva del índice de infestación es pronunciada es decir los biocidas o su forma de aplicación no logra un control de la contaminación microbiana.

**Cuadro 20. Análisis semanal de los jugos de caña sin dosificación de biocida.**

SEMANA 2		° Brix Jugo Prensado	21,19	Molienda TM	
Fecha	24 - 27/08/10	%Invertidos en Caña	0,52	4270	
Condición	SIN BIOCIDA	Pol Caña	13,12	%ME	
Pol bagazo	4,07	% I.F Jugo prensado	2,45	2,41	
MOLINOS	° Brix	%AR	I.F (AR/°Brix)*100	Inversión sacarosa kg/TM	Pérdidas Sacarosa kg
1	19,96	0,52	2,61	0,03	79,32
2	10,75	0,32	2,98	0,07	26,44
3	7,33	0,21	2,86	0,01	30,59
4	4,05	0,13	3,21	0,03	4,96

Fuente: Laboratorio principal IANCEM.

\* **TM:** Toneladas Métricas

\* **I.F:** Índice de Infestación

\* **AR:** Azúcares Reductores

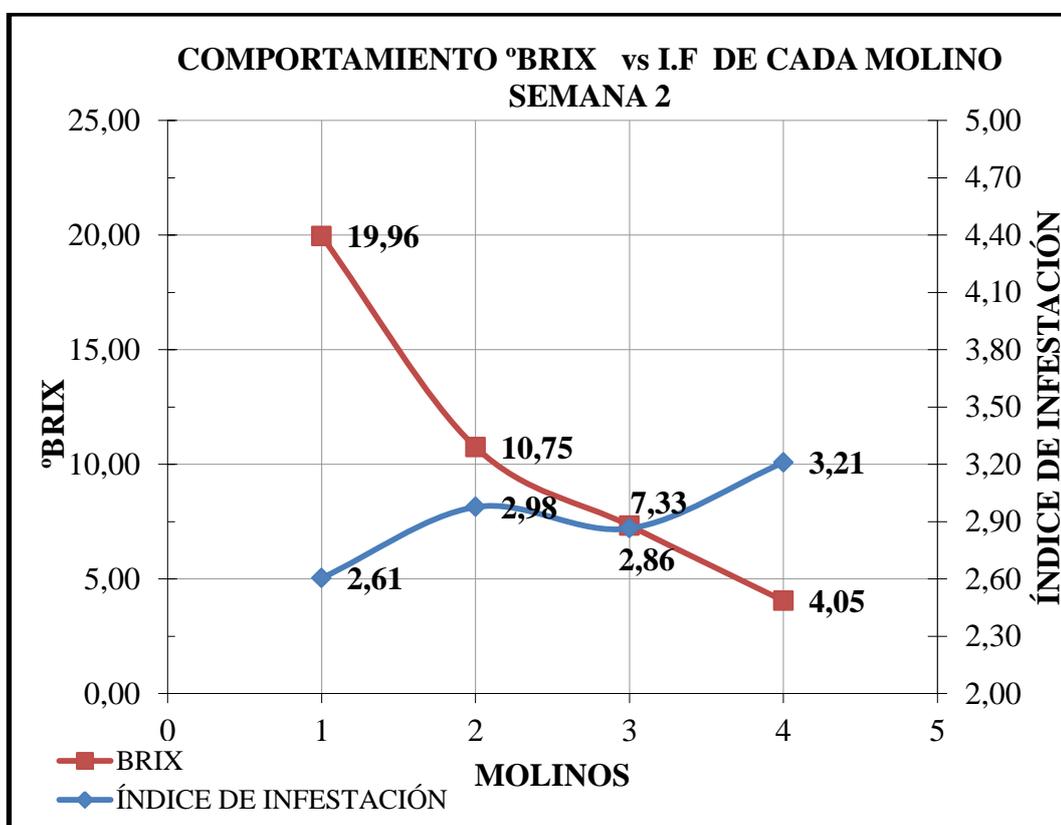
\* **ME:** Materia Extraña

El cuadro 20, corresponde a la semana 2 (sin biocida) con una molienda de 4270 TMC donde se analizó las características de la caña y de los jugos sin aplicación de biocidas, estos parámetros nos servirán para determinar la inversión de sacarosa expresada en kg/TM y las pérdidas de sacarosa expresadas en kg.

Previamente se realizan análisis en el laboratorio de campo a la materia prima que ingresa a fábrica como son: % de materia extraña 2,41; % de invertidos de caña 0,52; % índice de infestación jugo prensado 2,45; ° Brix jugo prensado 21,19 y Pol de caña 13,12 con estas condiciones podemos decir que la calidad de la materia prima es buena y a su vez determinara los resultados de las variables ° Brix, % azúcares reductores e índice de Infestación de los jugos de caña procedentes de los molinos que fueron analizados en el laboratorio general.

La cantidad de inversión de sacarosa por tonelada de caña molida varía dependiendo de los sólidos totales y del índice de infestación de los jugos de caña procedentes de cada molino, esta variación más el % de materia extraña nos permitió obtener las pérdidas de sacarosa en los diferentes molinos con su respectivo % de extracción (molino 1 (60%), molino 2 (20%), molino 3 (10%) y molino 4 (10%)) en 4270 TMC molidas.

**Gráfico 17. Comportamiento ° Brix vs. Índice de Infestación de cada molino durante la semana sin dosificación de biocida.**



En el gráfico 17, se indican los valores promedios del comportamiento del índice de infestación con relación a los ° Brix en cada uno de los molinos sin aplicación de biocidas, considerando que los datos obtenidos durante esta semana se trabajó con caña de excelente calidad, en la gráfica se puede apreciar que en el molino 4 existe mayor infestación seguido del molino 2 a diferencia que este es el más

afectado por tener mayor ° Brix en los jugos. Sin embargo, podemos observar que el índice de infestación en esta semana no es muy pronunciado en cada uno de los molinos.

**Cuadro 21. Análisis semanal de los jugos de caña con dosificación del biocida PROCIDE BC 800 30H (10ppm), en los molinos 2 y 3.**

<b>SEMANA 3</b>		<b>° Brix Jugo Prensado</b>	20,48	<b>Molienda TM</b>	
<b>Fecha</b>	01-03/09/10	<b>%Invertidos en Caña</b>	0,63	2526	
<b>Condición</b>	Dosificación PROCIDE BC 800 30 H Sistema 1	<b>Pol Caña</b>	11,78	<b>%ME</b>	
<b>Pol bagazo</b>	4,07	<b>% I.F Jugo prensado</b>	3,08	2,7	
<b>MOLINOS</b>	<b>° Brix</b>	<b>Nivel AR</b>	<b>I. F (AR/°Brix) *100</b>	<b>Inversión sacarosa kg/TM</b>	<b>Pérdida Sacarosa kg</b>
1	19,35	0,67	3,46	0,08	115,52
2	10,67	0,42	3,94	0,09	38,51
3	6,80	0,26	3,82	0,01	22,30
4	4,34	0,18	4,15	0,02	2,93

**Fuente:** Laboratorio principal IANCEM.

\* **Sistema 1:** Dosificación del biocida en el molino 2 y 3

\* **TM:** Toneladas Métricas

\* **I.F:** Índice de Infestación

\* **AR:** Azúcares Reductores

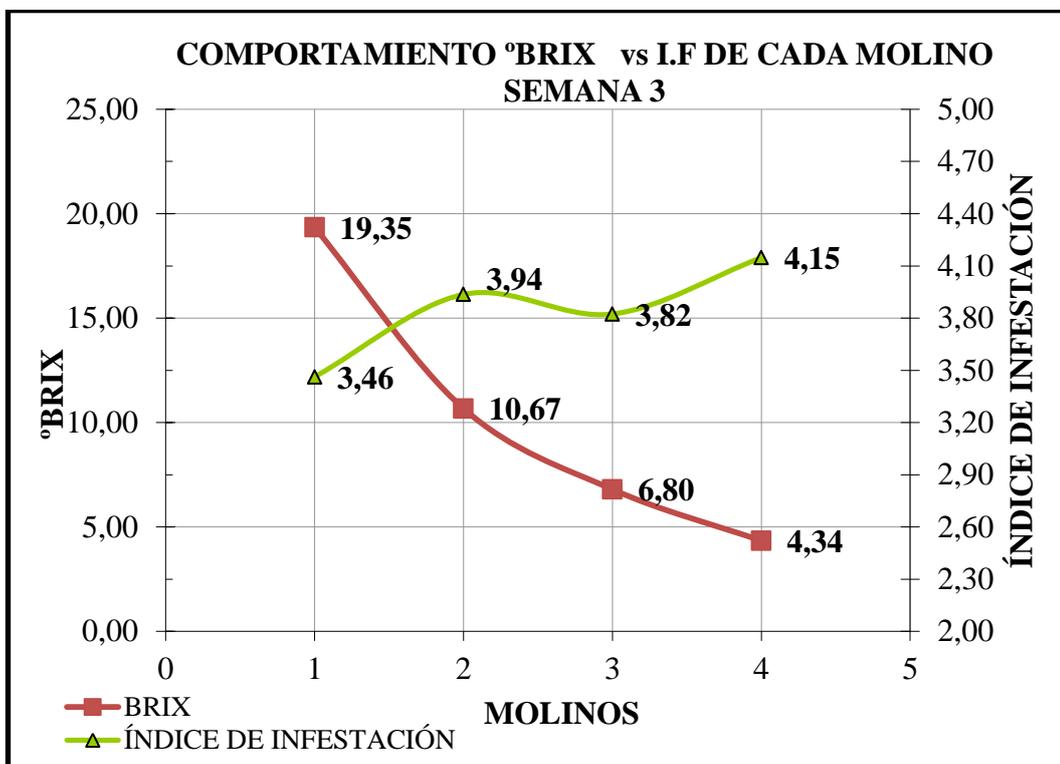
\* **ME:** Materia Extraña

Los datos del cuadro 21, corresponden a la semana 3 (dosificación PROCIDE BC 800 30 H) con una molienda de 2526 TMC en las cuales se analizó las características de la materia prima y de los jugos con aplicación del biocida en el molino 2 y 3, donde se obtuvieron parámetros que nos servirán para determinar la inversión de sacarosa expresada en kg/TM y las pérdidas de sacarosa expresadas en kg.

Al ingresar la materia prima a fábrica se realizó análisis en el laboratorio de campo como son: % de materia extraña 2,7; % de invertidos de caña 0,63; % índice de infestación jugo prensado 3,08; ° Brix jugo prensado 20,48 y Pol de caña 11,78 con estos valores se considera que la calidad de la materia prima es regular y a su vez determinara los resultados de las variables ° Brix, % azúcares reductores e índice de Infestación de los jugos de caña procedentes de los molinos que fueron analizados en el laboratorio general.

La cantidad de inversión de sacarosa por tonelada de caña molida varía dependiendo de los sólidos totales y del índice de infestación de los jugos de caña procedentes de cada molino, esta variación más el % de materia extraña nos permitió obtener las pérdidas de sacarosa en los diferentes molinos con su respectivo % de extracción (molino 1 (60%), molino 2 (20%), molino 3 (10%) y molino 4 (10%)) en 2526 TMC molidas.

**Gráfico 18. Comportamiento ° Brix vs. Índice de Infestación de cada molino durante la semana de dosificación del biocida PROCIDE BC 800 30 H (10ppm), en los molinos 2 y 3.**



En el gráfico 18, se indican los valores promedios del comportamiento del índice de infestación con relación a los ° Brix en cada uno de los molinos, con el sistema 1 de aplicación del biocida PROCIDE BC 800 30 H. Determinando que en el molino 4 existe mayor índice de infestación seguido por el molino 2, considerando que el ° Brix del molino 2 es alto y contiene mayor cantidad de sacarosa siendo este el más afectado. Dando una tendencia más estable en cada uno de los molinos, lo que refleja que la aplicación de la dosis del biocida si tuvo efecto pese a que los valores del índice de infestación son elevados.

**Cuadro 22. Análisis semanal de los jugos de caña con dosificación del biocida PROQUAT BC 50 (10ppm), en el molino 2 y 3.**

SEMANA 4		° Brix Jugo Prensado	21,14	Molienda TM	
Fecha	06-10/09/10	%Invertidos en Caña	0,44	5103	
Condición	Dosificación PROQUAT BC 50 Sistema 1	Pol Caña	13,66	%ME	
Pol bagazo	4,07	% I.F Jugo prensado	2,08	3,42	
MOLINOS	° Brix	% AR	I .F (AR/°Brix)*100	Inversión sacarosa kg/TM	Pérdida Sacarosa kg
1	19,18	0,42	2,19	0,02	67,10
2	12,89	0,32	2,48	0,06	22,37
3	9,08	0,25	2,75	0,03	27,40
4	4,81	0,14	2,91	0,01	17,03

Fuente: Laboratorio principal IANCEM

\* **Sistema 1:** Dosificación del biocida en el Molino 2 y 3

\***TM:** Toneladas Métricas

\* **I.F:** Índice de Infestación

\* **AR:** Azúcares Reductores

\* **ME:** Materia Extraña

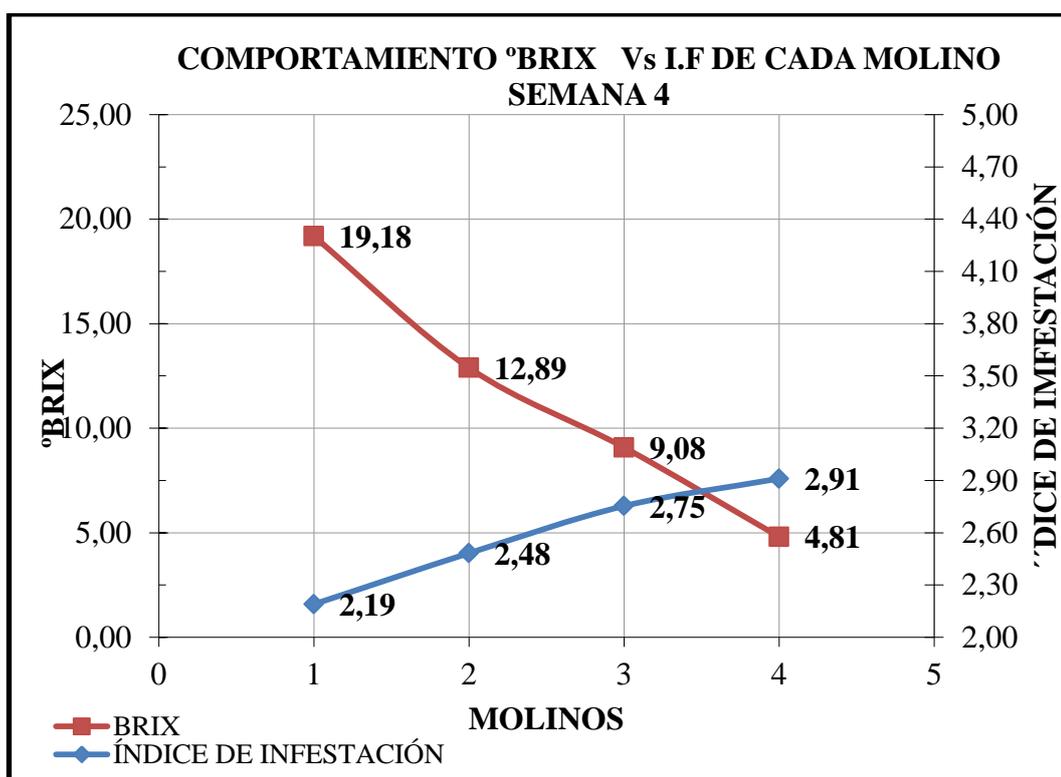
Los datos del cuadro 22, corresponden a la semana 4 (dosificación PROQUAT BC 50) con una molienda de 5103 TMC en las cuales se analizó las características de la caña y de los jugos con el sistema aplicación del biocida en el molino 2 y 3, donde se obtuvieron parámetros que nos servirán para determinar la inversión de sacarosa expresada en kg/TM y las pérdidas de sacarosa expresadas en kg.

Los análisis previos al ingreso de la materia prima a fabrica realizados en el laboratorio de campo fueron: % de materia extraña 3,42; % de invertidos de caña 0,44; % índice de infestación jugo prensado 2,08; ° Brix jugo prensado 21,14 y Pol de caña 13,66 con estas condiciones podemos decir que la calidad de la

materia prima es buena y a su vez determinara los resultados de las variables ° Brix, % azúcares reductores e índice de Infestación de los jugos de caña procedentes de los molinos que fueron analizados en el laboratorio general.

La cantidad de inversión de sacarosa por tonelada de caña molida varía dependiendo de los sólidos totales y del índice de infestación de los jugos de caña procedentes de cada molino, esta variación más el % de materia extraña nos permitió obtener las pérdidas de sacarosa en los diferentes molinos con su respectivo % de extracción (molino 1 (60%), molino 2 (20%), molino 3 (10%) y molino 4 (10%)) en 5103 TMC molidas.

**Gráfico 19. Comportamiento ° Brix vs. Índice de Infestación de cada molino durante la semana de dosificación del biocida PROQUAT BC 50 (10ppm), en los molinos 2 y 3.**



En el gráfico 19, se indican los valores promedios del comportamiento del índice de infestación con relación a los ° Brix en cada uno de los molinos, con el

sistema 1 de aplicación del biocida PROQUAT BC 50. El índice de infestación inicial es bajo debido a que el índice de infestación del jugo prensado fue de 2,08 por esta razón el incremento no es pronunciado, por lo que el intervalo de molino a molino va disminuyendo considerando que existió efectividad del biocida al momento de su aplicación.

**Cuadro 23. Análisis semanal de los jugos de caña con dosificación del biocida PROQUAT BC 50 (10ppm), en los molinos 2 y 4.**

SEMANA 5		° Brix Jugo Prensado	22,13	Molienda TM	
Fecha	04-06/09/10	%Invertidos en Caña	0,47	3180	
Condición	Dosificación PROCUAT BC 50 Sistema 2	Pol Caña	13,63	%ME	
Pol bagazo	3,91	% I.F Jugo prensado	2,12	3,29	
MOLINOS	° Brix	% AR	I.F (AR/°Brix)*100	Inversión sacarosa kg/TM	Pérdida Sacarosa kg
1	19,94	0,50	2,51	0,08	155,12
2	10,91	0,35	3,21	0,14	51,71
3	7,42	0,23	3,10	0,01	42,53
4	3,80	0,12	3,16	0,004	3,60

Fuente: Laboratorio principal IANCEM.

\* **Sistema 2:** Dosificación del biocida en el molino 2 y 4

\***TM:** Toneladas Métricas

\* **I.F:** Índice de Infestación

\* **AR:** Azúcares Reductores

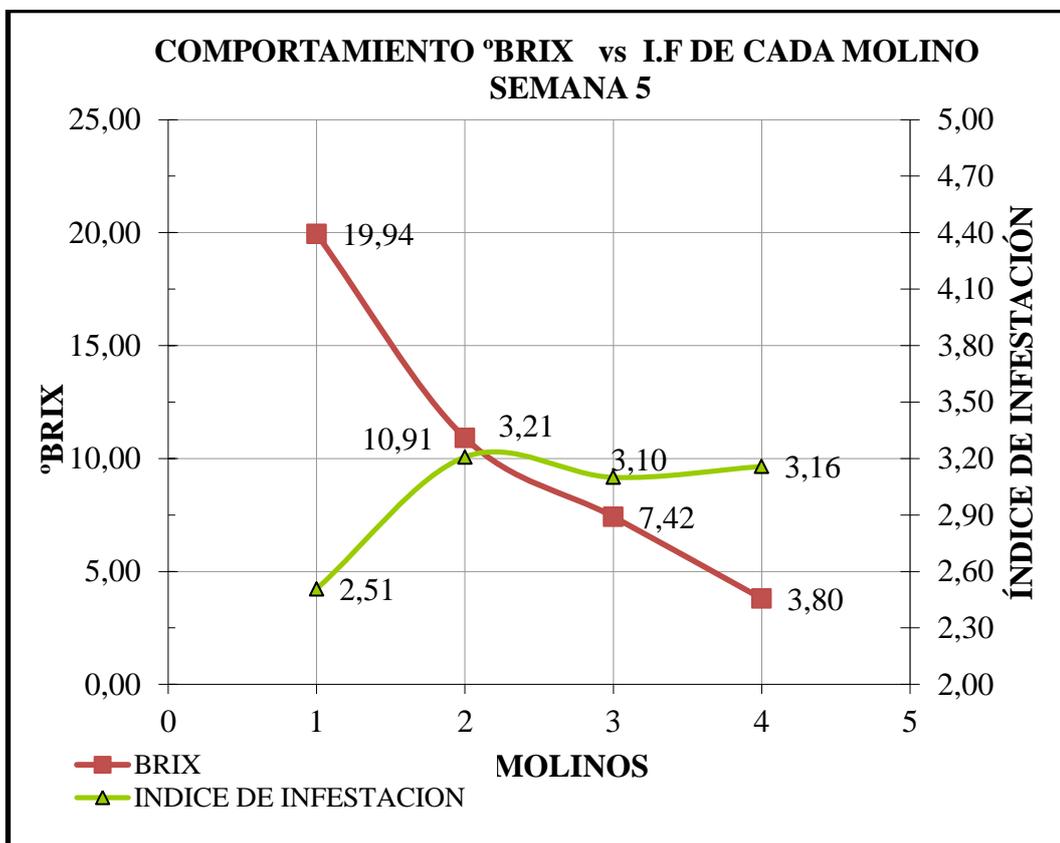
\* **ME:** Materia Extraña

El cuadro 20 corresponde a la semana 5 (dosificación PROQUAT BC 50) con una molienda de 3180 TMC donde se analizó las características de la materia prima y de los jugos de caña con el sistema de dosificación en el molino 2 y 4, estos parámetros nos permitirán determinar la inversión de sacarosa expresada en kg/TM y las pérdidas de sacarosa expresadas en kg.

Previamente se realizan análisis en el laboratorio de campo a la caña que ingresa a fábrica como son: % de materia extraña 3,29; % de invertidos de caña 0,47; % índice de infestación jugo prensado 2,12; ° Brix jugo prensado 22,13 y Pol de caña 13,63 con estas condiciones podemos decir que la calidad de la materia prima es buena y a su vez determinara los resultados de las variables ° Brix, % azúcares reductores e índice de Infestación de los jugos de caña procedentes de los molinos que fueron analizados en el laboratorio general.

La cantidad de inversión de sacarosa por tonelada de caña molida varía dependiendo de los sólidos totales y del índice de infestación de los jugos de caña procedentes de cada molino, esta variación más el % de materia extraña nos permitió obtener las pérdidas de sacarosa en los diferentes molinos con su respectivo % de extracción (molino 1 (60%), molino 2 (20%), molino 3 (10%) y molino 4 (10%)) en 3180 TMC molidas.

**Gráfico 20. Comportamiento ° Brix vs. Índice de infestación de cada molino durante la semana de dosificación del biocida PROQUAT BC 50 (10ppm), en los molinos 2 y 4.**



En el gráfico 20, se indican los valores promedios del comportamiento del índice de infestación con relación a los ° Brix en cada uno de los molinos con el sistema 2 de aplicación del biocida PROQUAT BC 50. Existiendo un incremento de infestación de 2,51 a 3,21 del molino 1 al 2, por lo que resulta más perjudicial ya que estos jugos contienen mayor cantidad de sacarosa. Posteriormente trata de mantener una estabilidad en el índice de infestación, en los siguientes molinos existe una disminución de los sólidos totales de igual manera en la cantidad de sacarosa presente en los jugos por lo que en los dos últimos molinos las pérdidas de sacarosa son menores.

**Cuadro 24. Análisis semanal de los jugos de caña con dosificación del biocida PROCIDE BC 800 30 H (10ppm), en los molinos 2 y 4.**

<b>SEMANA 6</b>		<b>° Brix Jugo Prensado</b>	21,75	<b>Molienda TM</b>	
<b>Fecha</b>	18/19/21/10/2010	<b>%Invertidos en Caña</b>	0,53	2864	
<b>Condición</b>	Dosificación PROCIDE BC 800 30H Sistema 2	<b>Pol Caña</b>	12,95	<b>% ME</b>	
<b>Pol bagazo</b>	4,07	<b>%I.F Jugo prensado</b>	2,44	2,73	
<b>MOLINOS</b>	<b>° Brix</b>	<b>% AR</b>	<b>I. F (AR/°Brix)*100</b>	<b>Inversión sacarosa kg/TM</b>	<b>Pérdida Sacarosa kg</b>
1	19,20	0,60	3,13	0,15	247,70
2	11,26	0,43	3,82	0,13	82,57
3	8,10	0,32	3,95	0,01	36,74
4	4,36	0,18	4,13	0,01	4,09

Fuente: Laboratorio principal IANCEM.

\* **Sistema 2:** Dosificación del biocida en el Molino 2 y 4

\***TM:** Toneladas Métricas

\* **I.F:** Índice de Infestación

\* **AR:** Azúcares Reductores

\* **ME:** Materia Extraña

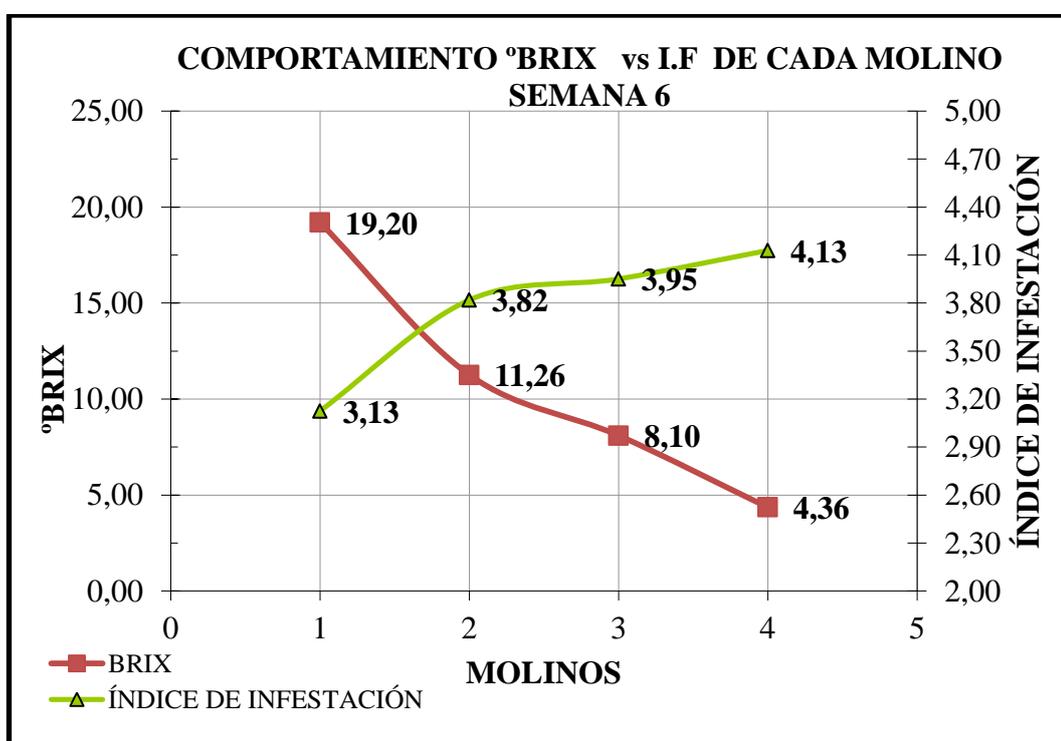
Los datos del cuadro 24 corresponden a la semana 6 (dosificación PROCIDE BC 800 30 H) con una molienda de 2864 TMC en las cuales se analizó las características de la caña y de los jugos con aplicación del biocida en el molino 2 y 4, donde se obtuvieron parámetros que nos servirán para determinar la inversión de sacarosa expresada en kg/TM y las pérdidas de sacarosa expresadas en kg.

Al ingresar la materia prima a fábrica se realizó análisis en el laboratorio de campo como son: % de materia extraña 2,73; % de invertidos de caña 0,53; % índice de infestación jugo prensado 2,44; ° Brix jugo prensado 21,75 y Pol de caña 12,95 con estos valores se considera que la calidad de la materia prima es

regular y a su vez determinara los resultados de las variables ° Brix, % azúcares reductores e índice de Infestación de los jugos de caña procedentes de los molinos que fueron analizados en el laboratorio general.

La cantidad de inversión de sacarosa por tonelada de caña molida varía dependiendo de los sólidos totales y del índice de infestación de los jugos de caña procedentes de cada molino, esta variación más el % de materia extraña nos permitió obtener las pérdidas de sacarosa en los diferentes molinos con su respectivo % de extracción (molino 1 (60%), molino 2 (20%), molino 3 (10%) y molino 4 (10%)) en 2864 TMC molidas.

**Gráfico 21. Comportamiento ° Brix vs. Índice de Infestación de cada molino durante la semana de dosificación del biocida PROCIDE BC 800 30 H (10ppm), en los molinos 2 y 4.**

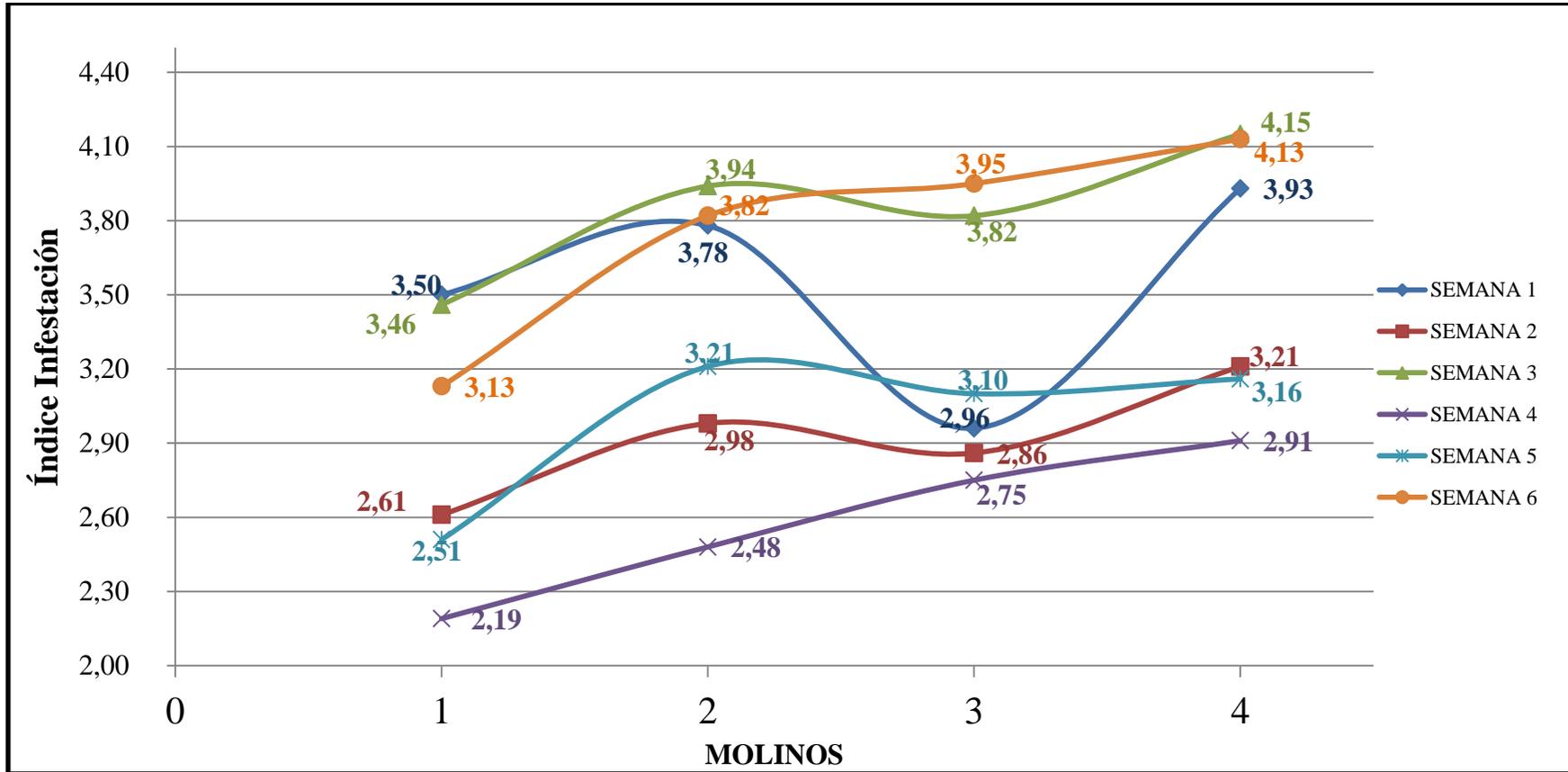


En el gráfico 21, se indican los valores promedios del comportamiento del índice de infestación con relación a los ° Brix en cada uno de los molinos con el sistema

2 de aplicación del biocida PROCIDE BC 800 30 H. Dando como resultado un incremento del índice de infestación en cada uno de los molinos manteniendo esta tendencia en el proceso de extracción. Los valores del índice de infestación son relativamente altos. Por lo que se puede considerar que el sistema de aplicación no logra controlar en forma eficiente la contaminación de los jugos en los molinos.

#### 4.4 ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE INFESTACIÓN DE CADA UNO DE LOS MOLINOS APLICANDO UNA DOSIS DE 10 PPM DE LOS BIOCIDAS PROQUAT Y PROCIDE

Gráfico 22. Curvas del Índice de Infestación de los molinos correspondientes a las semanas analizadas.



En el gráfico 22, se indican los valores promedios del índice de infestación semanal correspondientes a: SEMANA 1 (Sistema de Aplicación como trabajaba la empresa), SEMANA 2 (Sin aplicación de biocidas), SEMANA 3 (Dosificación de PROQUAT BC 50 10 ppm en el molino 2 y 3), SEMANA 4 (Dosificación de PROCIDE BC 800 30 H 10 ppm en el molino 2 y 3), SEMANA 5 ( Dosificación de PROQUAT BC 50 10 ppm en el molino 2 y 4), SEMANA 6 (Dosificación de PROCIDE BC 800 30 H 10 ppm en el molino 2 y 4).

Las curvas que tienen la mejor linealidad son las que pertenecen a la tercera y cuarta semana debido a que existió un control del incremento microbiano en cada uno de los molinos por acción del sistema 1 de aplicación de los biocidas. Se descarta el sistema 2 de dosificación en el molino 2 y 4 ya que el último jugo extraído contiene poca cantidad de sacarosa por lo que el azúcar recuperable va a ser menor al sistema 1.

Según Produtécnica Ingeniería SA, 2010, la función de los Biocidas es la de controlar el crecimiento microbológico, 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 microbológico, el cual debe detenerse cuanto antes para evitar la contaminación de todo el sistema.

#### 4.5 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE SACAROSA INVERTIDA CON RELACIÓN A LA POL DE CAÑA DE CADA UNA DE LAS SEMANAS

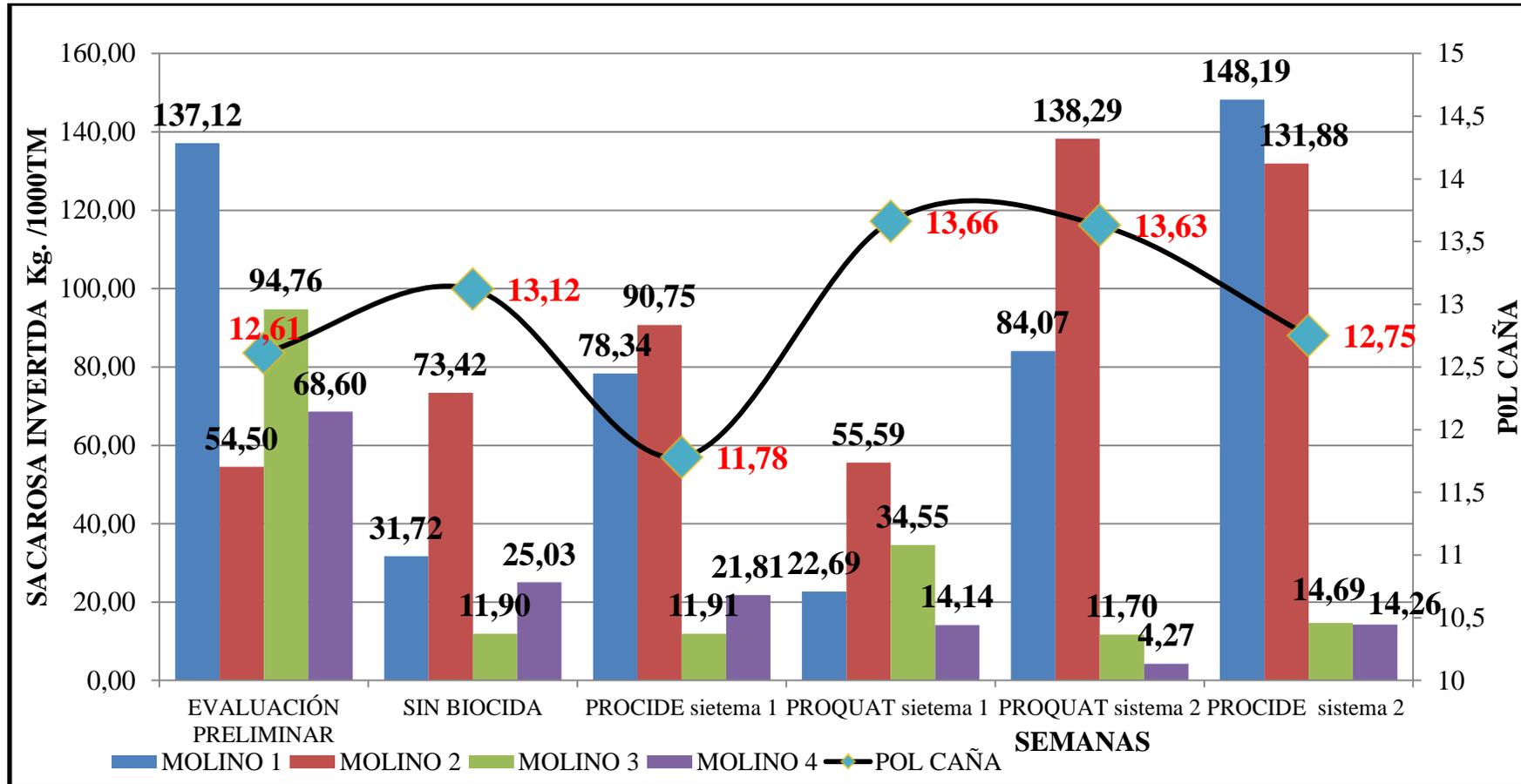
**Cuadro 25. Análisis de la sacarosa invertida en cada uno de los molinos y la Pol de caña en las diferentes semanas.**

<b>DATOS DE SACAROSA INVERTIDA EN 1000 TM</b>						
<b>SEMANAS</b>	<b>EVALUACIÓN PRELIMINAR</b>	<b>SIN BIOCIDA</b>	<b>PROCIDE Sistema 1</b>	<b>PROQUAT Sistema 1</b>	<b>PROQUAT Sistema 2</b>	<b>PROCIDE Sistema 2</b>
<b>MOLINO</b>	<b>Inversión kg/1000 TM</b>	<b>Inversión kg/1000TM</b>				
1	137,12	31,72	78,34	22,69	84,07	148,19
2	54,50	73,42	90,75	55,59	138,29	131,88
3	94,76	11,90	11,91	34,55	11,70	14,69
4	68,60	25,03	21,81	14,14	4,27	14,26
<b>POL CAÑA</b>	12,61	13,12	11,78	13,66	13,63	12,75

En el cuadro 25, se indican los valores promedios semanales del comportamiento de la cantidad de sacarosa invertida de los jugos de caña en cada uno de los molinos. Así mismo en el gráfico 23, se muestra la Pol de la semanas evaluadas tanto en cuadro y gráfico se indica que las mejores semanas son las que se dosificó con PROCIDE BC 800 30 H y PROQUAT BC 50 cuya dosis fue de 10 ppm aplicada en el molino 2 y 3 (sistema 1), ya que se logra un mejor control de invertidos con relación a la Pol en cada una de las semanas evaluadas.

La cantidad de invertidos es mayor en el molino 2 debido a la recirculación de jugos que arrastra consigo cantidad de microorganismos, como también el punto de dosificación de los biocidas en la semana 5 y 6. Para un mejor entendimiento de la recirculación de jugos observar en el diagrama de proceso de extracción.

Gráfico 23. Comparación semanal de sacarosa invertida en molinos.



## 4.6 ANÁLISIS DE COSTOS

### 4.6.1 Pérdidas económicas

**Cuadro 26. Análisis de las pérdidas de sacarosa y costo de kg de los biocidas.**

SEMANA	PÉRDIDAS Y COSTOS DE SACAROSA EN 1000 TCM			CANTIDAD Y COSTO DE BIOCIDA EN 1000 TCM		
	PÉRDIDAS DE SACAROSA (Kg)	USD Kg de azúcar	USD	CANTIDAD DE BIOCIDA (Kg)	PROCIDE BC 800 30 H (3.47 USD/Kg)	PROQUAT BC 50 ( 2.8 USD /Kg)
1	120,92	0,8	96,74	-	-	-
2	33,09	0,8	26,47	-	-	-
3	70,97	0,8	56,77	13,75	47,71	
4	26,24	0,8	20,99	13,75	-	38,50
5	79,55	0,8	63,64	13,75	-	38,50
6	129,57	0,8	103,66	13,75	47,71	-

En el cuadro 26, podemos apreciar las pérdidas de sacarosa en Kg calculadas en 1000 TCM correspondiente a cada una de las semanas analizadas, tomando en cuenta que cada kg de azúcar cuesta 0,8 dólares, determinamos las pérdidas económicas en las seis semanas. Además, se evaluó la cantidad y costo de los biocidas en 1000 TCM empleados en la investigación durante las semanas tres, cuatro, cinco y seis. Cabe señalar que en la primera semana se estaba dosificando pero no se cuenta con datos de cantidad y costos de biocidas. Y la segunda semana es en la que no se aplicó biocidas.

De la relación a las pérdidas económicas con el tipo de biocida observamos que:

- ❖ En las semanas tres y seis se dosificó con PROCIDE BC 800 30 H cuyo precio del biocida gastado fue de 47,71 USD /1000 TCM, generando menor pérdida en la semana tres con 56,77USD, en relación de la semana

seis, que es de 103,66 USD; esto se debe al sistema de dosificación empleado.

- ❖ A las semanas cuatro y cinco se dosificó con PROQUAT BC 50, cuyo precio del biocida gastado fue de 38,50 USD /1000 TCM, generando menor pérdida en la semana cuatro, con 20,99USD; a relación de la semana cinco que es de 63,64 USD; debido al sistema de dosificación aplicado.

De ello podemos establecer que las mejores semanas son la tres con aplicación de PROCIDE BC 800 30 H y cuatro con aplicación de PROQUAT BC 50, correspondientes al sistema 1 (dosificación en el molino 2 y 3). Si comparamos los dos sistemas, se considera que el sistema 1 (dosificación en el molino 2 y 3) genera mejores pérdidas de sacarosa y a su vez menores pérdidas económicas para la fábrica.

**Cuadro 27. Análisis de pérdidas de azúcar en Kg y perdidas económicas mensual - anual, con relación a la calidad de la materia prima.**

<b>SEMANA</b>	<b>Pol caña</b>	<b>TCM/Día</b>	<b>Pérdidas Kg azúcar /TCM</b>	<b>Pérdidas Kg azúcar /día</b>	<b>Pérdidas diarias Fundas 50 Kg</b>	<b>Pérdidas mensuales Fundas 50 Kg</b>	<b>Pérdidas mensuales USD</b>	<b>Pérdidas anuales USD</b>
<b>1</b>	12.61	1000,00	0,12	133,02	2,66	79,81	3192,38	38308,56
<b>2</b>	13.12	1000,00	0,03	36,40	0,73	21,84	873,66	10483,93
<b>3</b>	11.78	1000,00	0,07	78,06	1,56	46,84	1873,48	22481,75
<b>4</b>	13.66	1000,00	0,03	28,86	0,58	17,32	692,67	8312,06
<b>5</b>	13.63	1000,00	0,08	87,50	1,75	52,50	2100,01	25200,07
<b>6</b>	12.75	1000,00	0,13	142,53	2,85	85,52	3420,73	41048,81

En el cuadro 27, se indica que las pérdidas de sacarosa que incide en el rendimiento de azúcar en 1000 TCM/día. Estas pérdidas se encuentran proyectadas anualmente en cada semana que dura la investigación.

Si observamos estas pérdidas y las comparamos con la calidad de materia prima (análisis de Pol), se establece que en la primera semana (condiciones en la que la fábrica estaba aplicando el producto), tercera semana (dosificación de PROCIDE BC 800 30 H en molino 2 y 3) y sexta semana (dosificación PROCIDE BC 800 30 H en molino 2 y 4) se reporta valores de Pol menores. No así, en la segunda semana (sin dosificación de biocida), cuarta semana (dosificación PROQUAT BC 50 en el molino 2 y 3) y quinta semana (dosificación PROQUAT BC 50 en el molino 2 y 4) se registraron valores mayores de Pol. Cabe destacar que en la segunda semana se registró mayor valor de Pol por efectos de la calidad de materia prima en ese momento.

Sin embargo, al analizar las pérdidas anuales proyectadas son mayores en la primera semana (condiciones en la que la fábrica estaba aplicando el producto), quinta semana (dosificación PROQUAT BC 50 en el molino 2 y 4), sexta semana (dosificación PROCIDE BC 800 30 H en molino 2 y 4), lo que significa que en las dos últimas semana el sistema no fue tan efectivo. Para el caso de las pérdidas anuales proyectadas se logra mayor rendimiento en las segunda, tercera y cuarta semana; de las cuales en la segunda semana se debe a la calidad de materia prima que tuvo el ingenio en ese momento. No así en la tercera y cuarta semana, la aplicación de los biocidas tuvo efecto en detener la inversión de sacarosa y así lograr mayor rendimiento aunque en la tercera semana se tenga menor valor de Pol. Lo que significa que el sistema 1 fue más efectivo.

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

Luego de analizar los resultados de la presente investigación se ha obtenido las siguientes conclusiones

- Las mejores dosis fueron los tratamientos T1 (5 ppm para PROQUAT BC 50), T2 (10 ppm para PROQUAT BC 50) y T6 (10 ppm para PROCIDE BC 800 30H), de acuerdo al análisis estadístico en cada una de las variables planteadas.
- Al evaluar las características físicas de los jugos de caña, se determinó que las variables pH y ° Brix en un tiempo de 24 horas de degradación en condiciones ambientales del ingenio IANCEM, los tratamientos fueron similares durante este proceso considerando que la concentración y aplicación de los biocidas no tuvieron incidencia en cada una de las dosis frente al testigo.
- Al evaluar las características químicas de los jugos de caña, se determinó que las variables Pol y Azúcares Reductores en un tiempo de 24 horas de degradación en condiciones ambientales del ingenio IANCEM, los tratamientos: T1 (5ppm PROQUAT BC 50) se obtuvo mejor resultado sobre el análisis de las dos variables antes mencionadas. T2 (10 ppm PROQUAT BC 50) y T6 (10 ppm PROCIDE BC 800 30 H) son los que mejor se ajustaron a la variable Pol; siendo consideradas a estas dos

variables ejes principales en los rendimientos de sacarosa en el proceso de molienda.

- De acuerdo a la aplicación de los biocidas en el segundo y tercer molino, el incremento del índice de infestación del 1 al 2 molino fue moderado, factor favorable ya que los jugos obtenidos en estos contienen mayor cantidad de sacarosa. Mientras que, para el segundo y cuarto molino el incremento del índice de infestación del 1 al 2 molino es elevado por lo que existe mayor pérdida de sacarosa.
- Se considera como mejor sistema de aplicación de los biocidas es en el segundo y tercer molino por mantener un mejor control de inversión de sacarosa en los jugos procedentes de los molinos.
- En la tercera semana (dosificación de 10 ppm PROCIDE BC 800 30 H en el segundo y tercer molino) y cuarta semana (dosificación 10 ppm PROQUAT BC 50 en el segundo y tercer molino) se obtuvieron mejores resultados en la Pol, Azúcares Reductores e Índice de Infestación, debido a la influencia de los biocidas en los jugos y la calidad de la materia prima.
- Al analizar las pérdidas económicas de cada una de las semanas determinamos que mediante la aplicación de biocidas y la calidad de la caña expresada en Pol el sistema 1, cuya dosificación en el molino 2 y 3 de (PROCIDE BC 800 30H, 10 ppm) y (PROQUAT BC 50, 10ppm), es considerado adecuado porque se registra pérdidas menores.
- Considerando los costos de kg de sacarosa por semana , se establece que las semanas tres y cuatro presentaron menores pérdidas de sacarosa tomando en cuenta que cada kg cuesta 0,8 dólares, se pierde 56,77 y 20,99 dólares respectivamente por cada 1000 TCM. En las semanas cinco y seis se generaron mayores pérdidas, siendo estas de 63,64 y

103,66 dólares. En la semana uno y dos no se registraron datos de cantidad y costos de biocida, ya que en la primera semana a pesar de incorporarse biocidas no se contó con información de estos y en la segunda semana se evaluó sin dosificación.

- Finalmente, se confirmó la hipótesis planteada, es decir, que la aplicación de dos biocidas (PROQUAT BC 50 y PROCIDE BC 800 30 H) influyen en el rendimiento de sacarosa, especialmente cuando se aplica alternadamente en cada semana, con el fin de que los microorganismos no generen resistencia a tal o cual biocida.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Para disminuir los costos del uso de biocidas se debería tomar en cuenta el valor de POL de la caña ya que con datos mayores a 13, no se justificaría la aplicación de biocidas por la cantidad de invertidos existentes en molienda, o a su vez bajar la dosis de biocida a 5 ppm, dependiendo de la calidad de la caña.
- En un tándem de molinos de 4 o más no se justificaría la aplicación al último molino ya que el jugo procedente de este contiene menor cantidad de sacarosa.
- Se recomienda realizar un control permanente de todo el sistema de aplicación del biocida.
- Para evitar un incremento del índice de infestación se debe realizar un mejor control en el tanque de jugo del 4 molino, debido a que este se excede, y para volverlo a colocar en el tanque se lo realiza de una manera antiséptica.

- Se recomienda realizar las respectivas fumigaciones al tándem de molinos con el mismo biocida que se esté dosificando, también se sugiere alternar los biocidas semana tras semana para evitar la resistencia de microorganismos.
- Se debería trabajar con materia prima de calidad homogénea en cada semana, sin embargo en el ingenio es imposible realizarlo por factores como: diferentes proveedores, eficiencia de máquinas y equipos.
- Se recomienda la compra de un luminometro para la medición rápida del contenido de materia viva en las diferentes superficies de los molinos, para establecer un estándar de limpieza de acuerdo a las necesidades del ingenio.

## **RESUMEN**

La presente investigación se realizó en el Ingenio Azucarero del Norte “IANCEM” que está ubicado en la Panamericana Norte Km 25 vía Tulcán. El objetivo principal de la presente investigación fue, evaluar el impacto de dos biocidas e implicaciones económicas del procedimiento de sanitización de jugos de caña en el área de molinos. Entre los objetivos específicos se estableció una dosis adecuada del biocida favorablemente en el rendimiento de la sacarosa, además se analizó las propiedades físico químicas de los jugos y el índice de infestación en cada uno de los molinos con el fin de determinar el impacto económico que conlleva la aplicación de los biocidas.

La investigación se llevó a cabo en dos fases experimentales; la primera en el laboratorio con el fin de determinar la dosis más adecuada de biocida, y la segunda se la realizó en el área de molienda donde se procedió a hacer la aplicación de la dosis determinada en el laboratorio.

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA), con 9 tratamientos, 4 repeticiones y 36 unidades experimentales conformadas de 1000 ml. Se evaluó mediante un análisis de varianza y prueba de Tukey al 5% para cada una de las variables planteadas.

Posteriormente se determinó los mejores tratamientos son: T1 (5 ppm de PROQUAT BC 50), T2 (10 ppm PROQUAT BC 50) y T6 (10 ppm PROCIDE BC 800 30H), mediante el análisis físico químico y estadístico de cada una de las variables planteadas.

Determinando los mejores tratamientos se evaluó en dos sistemas de aplicación de biocidas: segundo - tercer molino y segundo – cuarto molino, dando como resultado que el mejor sistema es el primero, ya que los jugos de caña procedentes de la extracción del tercer molino contienen mayor cantidad de sacarosa.

## SUMMARY

This research was conducted in the Ingenio Azucarero del Norte "IANCEM" which is located on the Panamericana Norte Km 25 going toward Tulcán. The main objective of this research was to evaluate the impact of two biocides and economic implications sanitization procedure cane juice in the mill area. Among the specific objectives established an adequate dose of biocide performance favorably sucrose also analyzed the physical and chemical properties of the juices and the rate of infestation in each of the mills in order to determine the economic impact involved the application of biocides.

The research was carried out in two experimental phases, the first in the laboratory to determine the most appropriate dose of biocide, and the second is performed in the mill area where we proceeded to the implementation of the given dose in the laboratory.

The design was randomized complete block (DBCA) with 9 treatments, 4 replicates and 36 experimental units made up of 1000 ml. It was evaluated by analysis of variance and Tukey test at 5% for each of the variables raised.

It was later determined the best treatments are: T1 (5 ppm of PROQUAT BC 50), T2 (10 ppm PROQUAT BC 50) and T6 (10 ppm reciprocity BC 800 30H) by chemical and physical analysis of each of statistical variables raised.

Determining the best treatments were evaluated in two biocides application systems: second - third mill and second-fourth mill, resulting in the best system is the first since the cane juice from extraction of the third mill contain more amount of sucrose.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. ANDRADE, R. (2004). *Proceso de Fabricación de Azúcar*. IANCIEM, Vol. (I).
2. BUENAVENTURA, C. (1989). *Manual de Laboratorio para la Industria Azucarera*. Cali – Colombia. TECNICAÑA.
3. CALERO, L.; GIL, N.; DAZA, Z.; SOCARRÁS, J.; PERELDO, S.; BARRIENTOS, D.; ERAZO, V. (2009). *Factores que Inciden en las Pérdidas Indeterminadas del Proceso de Elaboración de Azúcar*. TECNICAÑA – VIII Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Colombia.
4. CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DEL ECUADOR. (2008). *La Industria Azucarera en el Ecuador*. <http://www.cincae.org/prueba.htm> (actualizado 01/02/08).
5. CERUTTI, G.; CARDENAS, G.; DIEZ, O.; SORIA, R. (1999). *Hipoclorito de calcio: agente de desinfección para ingenios azucareros*. EEAOC. Avance Agroindustrial. Tucumán - Argentina.
6. CHARLEY, H. (1997). *Tecnología de Alimentos Procesos Químicos y Físicos en la Preparación de Alimentos*. México. LIMUSA.
7. CHEN, J. (1991). *Manual de Azúcar de Caña. Para Fabricantes de Azúcar de Caña y Químicos Especializados*. España. Noriega Editore

8. COMITÉ CIENTIFICO DE LOS RIESGOS SANITARIOS EMERGENTES Y RECIENTEMENTE IDENTIFICADOS.CCRSERI. (2009). *Efecto de los Biocidas en la Resistencia de los Antibióticos*. [http://copublications.greenfacts.org/es/biocidas-resistencia-antibioticos/]. (Marzo, 2010).
9. DIEZ, O.; CARDENAS, J. MENTZ, F.(2010). *Revista industrial y agrícola de Tucumán*. Vol. 87, N°1, p. 29-38. Poder calorífico superior de bagazo, médula y sus mezclas, provenientes de la caña de azúcar de Tucumán.Argentina. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1851-30182010000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1851-30182010000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es) (Septiembre 2011).
10. GAVELAN, R. *Evaluación de Inversión de Sacarosa*. Pucala – Perú [http://www.monografias.com/trabajos58/evaluacion-inversion-sacarosa/evaluacion-inversion-sacarosa2.shtml]. (Noviembre, 2009).
11. HERRERO, V. & SILVA, E. (1991). *Manual Práctico de Fabricación de Azúcar de Caña*. Habana - Cuba. Pueblo y Educación.
12. HONIG, P. (1969). *Principios de la Tecnología Azucarera*. Tomo I: Propiedades de los Azúcares y no Azúcares. España. Compañía Editorial Continental. S.A.
13. HONIG, P. (1969). *Principios de la Tecnología Azucarera*. Tomo III: Microbiología Azucarera. España. Compañía Editorial Continental. S.A.
14. HUGOT, E. (1967). *Manual da Engenharia Açucareira*. Sao Paulo - Brasil. Editora Mestre Jou.

15. LABORATORY MANUAL FOR SOUTH AFRICAN SUGAR FACTORIES. (1985). *Including the Official Methods. South African Sugar Technologists Association*. 3rd edition.
  
16. MONTVILLE, T. & MATTHEWS, K. (2009). *Microbiología de los Alimentos*. Zaragoza – España. Editorial Acribia S.A.
  
17. OBSIDIAN. (2010). *Biocidas Para Ingenios Azucareros*. Quito – Ecuador.
  
18. ORTIZ, F.; TOBÓN, L.; ALVARADO, A.; TORRES, R.; BAEZ, O. (2008). *Revista de la Ingeniería Industria*. Disminución de las Pérdidas de Sacarosa en la Elaboración de Meladura en un Ingenio Azucarero. Volumen (II), No. 1 [[www.academiajournals/downloads/ortiz\\_tobon.pdf](http://www.academiajournals/downloads/ortiz_tobon.pdf)]. (Diciembre, 2010).
  
19. OSORIO, G. (2007). Buenas Prácticas Agrícolas –BPA- y Buenas Prácticas de Manufactura – BPM – en la Producción de Caña y Panela. Medellín – Colombia. CTP Print Ltda. [<http://www.fao.org/co/manualpanela.pdf>]. (Abril 2011).
  
20. PERRAFAN, F. (2009). *Azúcar de Caña*. Cali-Colombia. [[www.perrafan.com](http://www.perrafan.com)]. (Enero, 2011)
  
21. PROTÉCNICA INGENIERIA S.A. (2010.) *Control Microbiológico en Ingenios Azucareros*. Cali – Colombia.
  
22. QUEZADA, W. (2010). *Manual de Industria Azucarera*. Ibarra-Ecuador. Creadores Gráficos.
  
23. RANDALL, A. (2009). *Caña de Azúcar y Etanol*. UNICN. San José – Costa Rica. [http://www.ccad.ws:8080/eia/archivos-de-](http://www.ccad.ws:8080/eia/archivos-de)

usuario/File/Documento%20tem%C3%9Ftico%20ca%C2%B1a%20de%20az%C2%B7car.pdf]. (Febrero 2011).

24. Revista Científica. Guillermo de Ockham, Vol. 7, Núm. 1, enero-junio, 2009, pp. 13-18 Universidad de San Buenaventura, Sede Cali – Colombia.[<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=105312251001>]. (Mayo 2011).
25. RODRIGUEZ, P. (1997). *Manual de Cálculo Rápido para la Industria Azucarera*. La Habana - Cuba. Ministerio de Economía y Planificación.
26. RODRIGUEZ, E. (2004). *La Dextranasa a lo Largo de la Industria Azucarera*. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología. CIGB. Habana Cuba.[<http://elfoscientiae.cigb.edu.cu/PDFs/BA/2005/22/1/BA002201OR011-019.pdf>].(Octubre, 2010).
27. SERRANO, L. (2006). Determinación de las Poblaciones Microbiológicas en el Proceso de Extracción de Jugo de Caña de Azúcar en el Ingenio Manuelita S.A. Trabajo de Grado Microbiólogo Industrial, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá – Colombia. [<http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis254.pdf>]. (Enero 2010).
28. SILLIKER J. H (Chairman), R. P ELLIOTT (Editorial Coordinator), A. C BAIRD – PARKER, F. L Bryan, JHB Christian, DS Clark, J. C Olson, Jr. TA. Roberts ACRIBIA S.A. (1980). *Ecología Microbiana de los Alimentos 2 Productos Alimenticios*. Zaragoza – España.
29. SPENCER, M. (1967). *Manual de Azúcar de Caña*. Para Fabricantes de Azúcar de Caña y Químicos Especializados. Barcelona – España. Montaner y Simón S.A.

30. TONATTO, J.; ROMERO, E.; LEOGGIO, N.; SCANDALIARIS, J.; ALONSO, J.; DIOGONZELLI, P.; ALONSO, L. Y CASEN, S. (2005). *Gacetilla Agroindustrial EEAOC N° 67* [www.eeaoc.org.ar]. (Agosto 2010).
31. ZAMORA, A. (2008). *Scientific Psychic*. Carbohidratos o Glúcidos – Estructura Química. México. <http://www.scientificpsychic.com/spanish-web-pages.html> (Abril 2011).
32. ZOSSI, S.; CÁRDENAS, G.; SOROL, N.; SASTRE, M. (2010). *Revista industrial y agrícola de Tucumán*. Vol. 87, N°1, p. 15-27. Influencia de compuestos azúcares y no azúcares en la calidad industrial de caña de azúcar en Tucumán. Argentina. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S185130182010000100003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S185130182010000100003&script=sci_arttext) (Septiembre 2011).

## ANEXOS

### **ANEXO 1: FICHA TÉCNICA PROCIDE BC 800 30 H (ETILENBISDITIOCARBAMATO DE SODIO HEXAHIDRATO)**

#### **Descripción**

PROCIDE BC800 30H es un efectivo fungicida y bactericida usado para controlar el crecimiento de bacterias y hongos en torres de enfriamiento con recirculación de agua, condensadores, molinos de caña de azúcar, máquinas productoras de papel, piscinas de enfriamiento por atomización de agua, etc. No es recomendable para aguas potables.

#### **Especificaciones técnicas**

<b>Apariencia:</b>	LÍQUIDO	AMARILLO VERDOSO
<b>% ingrediente activo *:</b>	30.0	+ 1.0
<b>pH (directo):</b>	10	± 1
<b>Densidad (g/cc) 25° C:</b>	1.1216	± 0.1

#### **Aplicaciones y guía de uso**

##### **1) Torres y piscinas de enfriamiento industrial**

La dosis inicial y las de mantenimiento dependen de la condición del sistema antes de iniciar el tratamiento; si la contaminación es muy severa deberá efectuarse una limpieza previa.

### **Dosis regular:**

Cuando el control microbiológico es evidente, adicionar 20 a 40 gramos por cada 1000 litros de agua (20 a 40 ppm) cada segundo ó tercer día.

### **2) Molinos de caña de azúcar**

PROCIDE BC800 30H debe alimentarse a una tara de 10 a 20 ppm basada en las toneladas de caña molida por hora o por día en forma pura o en solución acuosa al 10% y repartiendo de 20 a 45% en el jugo del primer molino y el saldo en la canal de jugo del último molino. La dosis normalmente óptima es de 12 ppm aplicada mediante bomba dosificadora de acuerdo con el cuadro 31 y sin exceder en el momento de un choque de 120 ppm y una cantidad total en 24 horas inferior a 20 ppm.

**Cuadro 31: Alimentación de PROCIDE BC 800 30H.**

<b>Caña o remolacha molida por día (tonelada)</b>	<b>10 ppm ml/min</b>	<b>20 ppm ml/min</b>
2000	12.1	24.2
4000	24.2	48.4
6000	36.3	72.6
8000	48.4	96.8
10000	60.5	121.0

**Fuente:** Produtécnica Ingeniería S.A Cali Colombia

El uso de PROCIDE BC800 30H no elimina el mantener una asepsia normal en el molino mediante el lavado con vapor, al menos una vez por turno, de transportadores, tornillos sinfín, mallas y en general todo equipo del molino que pueda infectarse fácilmente.

### **3) Molinos de papel**

Debe dosificarse a una rata promedio de  $1.2 \pm 0.6$  ppm con respecto al papel producido y variando según la complejidad de equipos, calidad de agua y grado de contaminación ambiental, adicionando mediante bomba dosificadora con el hidrapulper, caja o en cualquier punto donde se inicie proceso.

#### **Manejo y almacenamiento**

Por ser un producto irritante debe manejarse con todos los implementos de seguridad tales como, guantes de caucho, máscara con protección para los ojos y la nariz, y ropa de protección en caucho. Debe mantenerse fuera del manejo de personas inexpertas ó niños.

En caso de contacto con la piel debe lavarse inmediatamente con abundante agua la zona afectada, por lo menos 15 minutos y visitar al médico. La ropa debe lavarse antes de volver a usarse.

En caso de ingestión tomar inmediatamente leche, clara de huevo, gelatina, mucha agua e ir inmediatamente al médico.

#### **Presentación**

Tambor de 240 Kilogramos neto.

**Fabricado por:** PROTECNICA INGENIERIA S.A., Cali-Colombia.

## **ANEXO 2: FICHA TÉCNICA DEL BIOCIDA PROQUAT BC 50**

### **Descripción**

El PROQUAT BC 50 es un desinfectante a base de sales de amonio cuaternario, específicamente diseñado para el control de bacterias, hongos y algunos virus sensibles al ingrediente activo. Es un producto por su naturaleza química y su alto efecto residual inhibe el proceso de fermentación y descomposición de material orgánico, evitando malos olores y posibles contaminaciones en plantas industriales, equipos, productos y recintos en general. Este producto es obtenido a partir de la reacción entre el cloruro de bencilo y una amina terciaria de composición uniforme, permitiendo de ésta forma que sus propiedades gémicas sean adecuadas tanto para bacterias Gram Positivas como para las Gram Negativas presentando además tolerancia a las aguas duras.

**Cuadro 32: Especificaciones técnicas de PROQUAT BC 50.**

<b>Especificaciones Técnicas</b>	
<b>Apariencia.</b>	Líquido transparente.
<b>Denominación química</b>	Cloruro de aquil dimetil bencil amonio.
<b>Clasificación</b>	Microbicida de naturaleza catiónica.
<b>pH (Sol. Acuosa 10%)</b>	6.5 – 7.5
<b>% materia activa</b>	50 ± 1.0
<b>Densidad a 25°C (g/cc)</b>	0.97 ± 0.02.
<b>% Amina libre</b>	4.0 Max
<b>% Clorhidratos</b>	1.0 Max

**Fuente:** Produtécnica Ingeniería S.A Cali Colombia

## Aplicaciones y guía de uso

El **PROQUAT BC 50** para efectos prácticos se utiliza en diluciones muy bajas, las cuales no son nocivas a la salud ni presentan efectos de irritación en la piel, además no deterioran ni altera ningún tipo de material.

En el siguiente cuadro se muestran algunas de las aplicaciones básicas con una sugerencia de dosificación del **PROQUAT BC 50**.

**Cuadro 33: Soluciones en agua del PROQUAT BC 50.**

<b>Soluciones en agua del PROQUAT BC 50</b>				
	1:500	1:1000	1:2000	1:10000
Galpones de rotación avícola		X		
Equipos de llenado			X	
Lavadores de botellas				X
Plantas procesadoras de fruta			X	
Bodegas de vino		X		
Equipos de refrigeración		X		
Recipientes de madera				X
Piletas de cemento	X			
Equipo en general		X		
Recintos en general (locales, baños, duchas, hospitales, hoteles)		X		

**Fuente:** Produtécnica Ingeniería S.A Cali Colombia

Estas aplicaciones del **PROQUAT BC 50** se pueden realizar por aspersión, rociando las superficies, haciendo pasar la solución a través de los ductos previamente lavados.

Es de anotar que el **PROQUAT BC 50** posee una carga positiva. (cationica), lo hace compatible con productos químicos igualmente cationicos. No inonicos o anfotericos (a pH ácido) superamidas y óxidos de aminas entre otros, El **PROQUAT BC 50** no es compatible con productos anionicos (detergentes anionicos),

El **PROQUAT BC 50** por su naturaleza tensoactiva tiene gran efecto de capilaridad, lo cual le permite penetrar fácilmente en cavidades e intersticios. Su tensión superficial en soluciones acuosas al 0.1% y 0,5% son respectivamente 37.2 y 36,8 dinas/ cm,

**Cuadro 34: Bacterias, hongos y virus que se pueden controlar efectivamente con el PROQUAT BC 50:**

<b>BACTERIAS</b>	<b>VIRUS</b>
Staphylococcus haem aureus	Virus de la influenza A1. A2 y B
Streptococcus haem Wacker	Virus de la parainfluenza
Escherichia coli	Virus de la papera
Salmonella typhi	Virus de la alfombrilla
Bacylus proteus	Virus del moquillo
Bacylus pycyaneus	Virus del Herpes
Bacterium dysenterias shiga Kr,	Virus de laringotraqueites aviar
Bacterium dysenterias E,	Virus de la viruela
Salmonella spp,	Virus de la psicosis
Gonococos,	Virus de la hepatitis contagiosa
Neumococos	Virus de la diftero-viruela
Brucella spp,	Virus de la Newcastle
Streptococcus glycerinaceus,	
Bacterium fluorescens	
Bacylus subtilis	
Bacylus menestericus	
Bacylus cereus	
Salmonella pullorum	
<b>HONGOS</b>	
Trichophyton mentagrophytes (hongos del pie)	
Epidermophyton floccusum (Hongos de la piel)	
Paecilmocees spp,	
Aspergilus terreus	
Fusarium spp,	
Candida albicans.	

**Fuente:** Produtécnica Ingeniería S.A Cali Colombia

## **Manejo y almacenamiento**

El **PROQUAT BC 50** puro es considerado como irritante primario. En caso de ingestión accidental, beber bastante cantidad de leche, clara de huevo o solución de gelatina; a falta de estos, beba bastante agua. Evite el alcohol.

En caso de contacto con la piel, remover la ropa y lavar primero la piel afectada con abundante agua y después con agua y jabón,

En caso de contacto con los ojos, lavarlos con abundante agua por lo menos durante 15 minutos y consultar al médico,

El **PROQUAT BC 50** debe almacenarse en lugares frescos por debajo de 40°C.

## **Presentación**

El **PROQUAT BC 50** se presenta en el siguiente tipo de empaque:

- Tambor plástico de 200 kilogramos netos.

**Fabricado por:** PROTÉCNICA INGENIERÍA S.A. Cali-Colombia

### **ANEXO 3: FOTOGRAFÍAS DE LA INVESTIGACIÓN**

**Fotografía 7. Caña almacenada en patio**



**Fotografía 8. Mesa de aclimatación.**



**Fotografía 9. Tándem de molinos.**



**Fotografía 10. Preparación de biocidas**



**Fotografía 11. Dosificación de biocida en las canaletas de recolección de jugo de caña.**



**Fotografía 12. Toma de muestras de jugos.**



**Fotografía 13. Toma de muestras de cada uno de los molinos.**



**Fotografía 14. Laboratorio principal IANCEM**







