

**“BIENVENIDOS”**





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 IANCEM”**

**AUTORES :**

- Benítez Carranco Jonatan Paúl
  - Guagalango Guagalango Raúl Rafael

**DIRECTOR**

Ing. Walter Quezada M. MSc.

IBARRA - ECUADOR

2011

**GENERALIDADES**

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

**RECOMENDACIONES**

**MATERIALES Y  
MÉTODOS**

**CONCLUSIONES**

**RESULTADOS Y  
DISCUSIÓN**

# INTRODUCCIÓN



- IANCEM



- INVERSIÓN DE SACAROSA



- BIOCIDAS

# OBJETIVOS

## 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.

## 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.

# HIPOTESIS

## 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.

## 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.

# MATERIALES

## Instrumentos

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

## Reactivos

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

## Equipos

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

# MÉTODOS

## 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.

### Datos Informativos del lugar

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

“Departamento de Meteorología de la Dirección General de la Aviación Civil DAC (2010)”

# Tratamientos en estudio

Nº 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	

## Diseño Experimental

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

# Características del experimento

- ❑ Numero de repeticiones por tratamiento 4
- ❑ Numero de tratamientos 9
- ❑ Unidad experimental 36
- ❑ Cada unidad experimental 500 ml

## Análisis estadístico

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

# Variables a evaluarse

<b>Análisis</b>	<b>Método</b>
pH	pH- metro
° Brix	Refractometría de muestra continua
Pol	Polarimetría
Azúcares Reductores	Lane Eynon
Índice de infestación	$(\%AR \text{ (azúcares reductores)} / \text{° Brix}) * 100$

IMBIBICIÓN  
AGUA 80 °C

JUGO

DESMENUZADORA

PICADORA

GRÚA

MESA  
DE  
ALIMENTACIÓN

TANQUE  
JUGO MIXTO

FILTRACIÓN

TANQUE DE JUGO FILTRADO

JUGO  
MIXTO  
FILTRADO  
(FABRICA)

PUNTOS DE APLICACIÓN Y MUESTREO DEL JUGO EN EL  
ÁREA DE LOS MOLINOS DEL IANTEM

MP

SALIDA BAGAZO

M4

M3

M2

M1

APLICACIÓN DE BIOCIDIA

APLICACIÓN DE BIOCIDIA

APLICACIÓN DE BIOCIDIA

J. PRIMARIO

J. ULTIMO

J. M3

J. DEL UDO

TANQUES DE BIOCIDIA

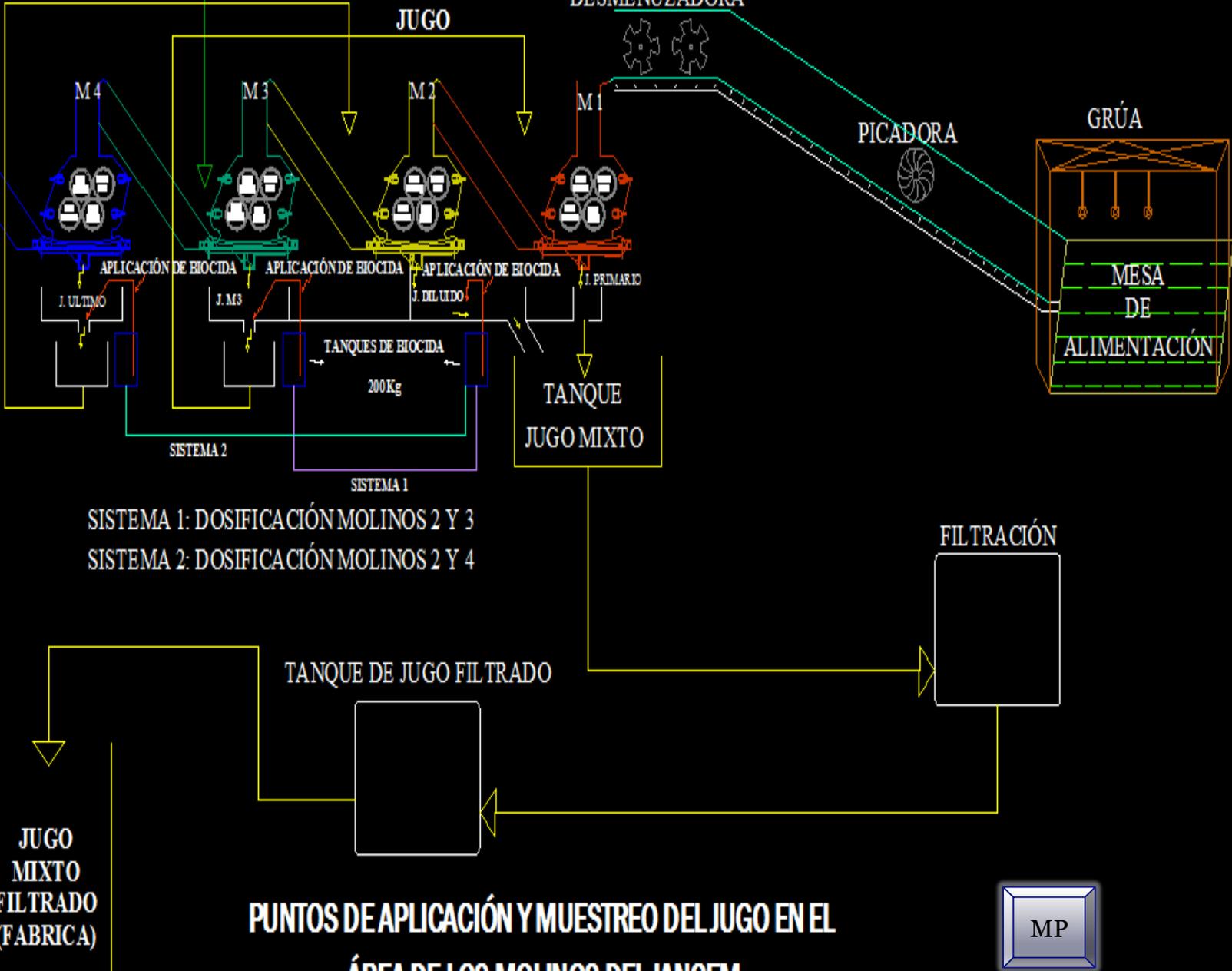
200 Kg

SISTEMA 2

SISTEMA 1

SISTEMA 1: DOSIFICACIÓN MOLINOS 2 Y 3

SISTEMA 2: DOSIFICACIÓN MOLINOS 2 Y 4



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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.



# ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CADA UNA DE LAS VARIABLES



pH



° Brix



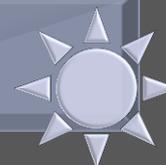
Pol



Azúcares  
Reductores



Índice de  
Infestación



## ADEVA del pH

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

$$C.V = 0,757\%$$

\*\* : Altamente significativo

\* : Significativo

NS : No significativo

## ADEVA de los °Brix

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

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

**\*\*:** Altamente significativo

**\***: Significativo

**NS:** No significativo

# ADEVA de la Pol

<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>
Total	35	19,195	-			
Tratamientos	8	1,417	0,177	8.045 **	2,36	3,36
Repeticiones	3	17,247	5,749	261,318**	3,01	4,72
ERROR EXP.	24	0,531	0,022			

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

\*\* : Altamente significativo

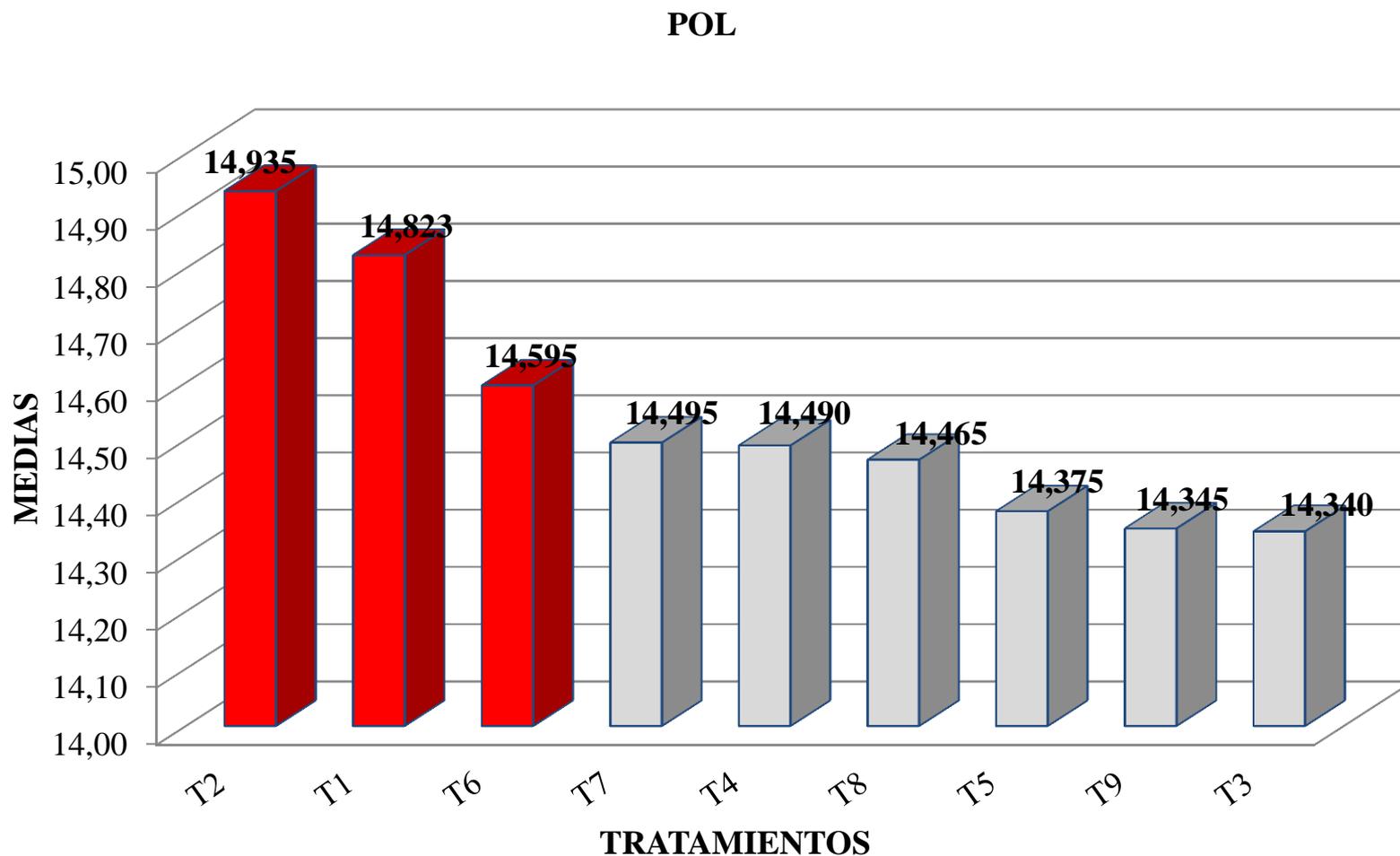
\* : Significativo

NS : No significativo

## Prueba TUKEY al 5% para tratamientos de la variable Pol

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

# Comportamiento de las medias para la Pol



## ADEVA del % de Azúcares Reductores.

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

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

\*\* : Altamente significativo

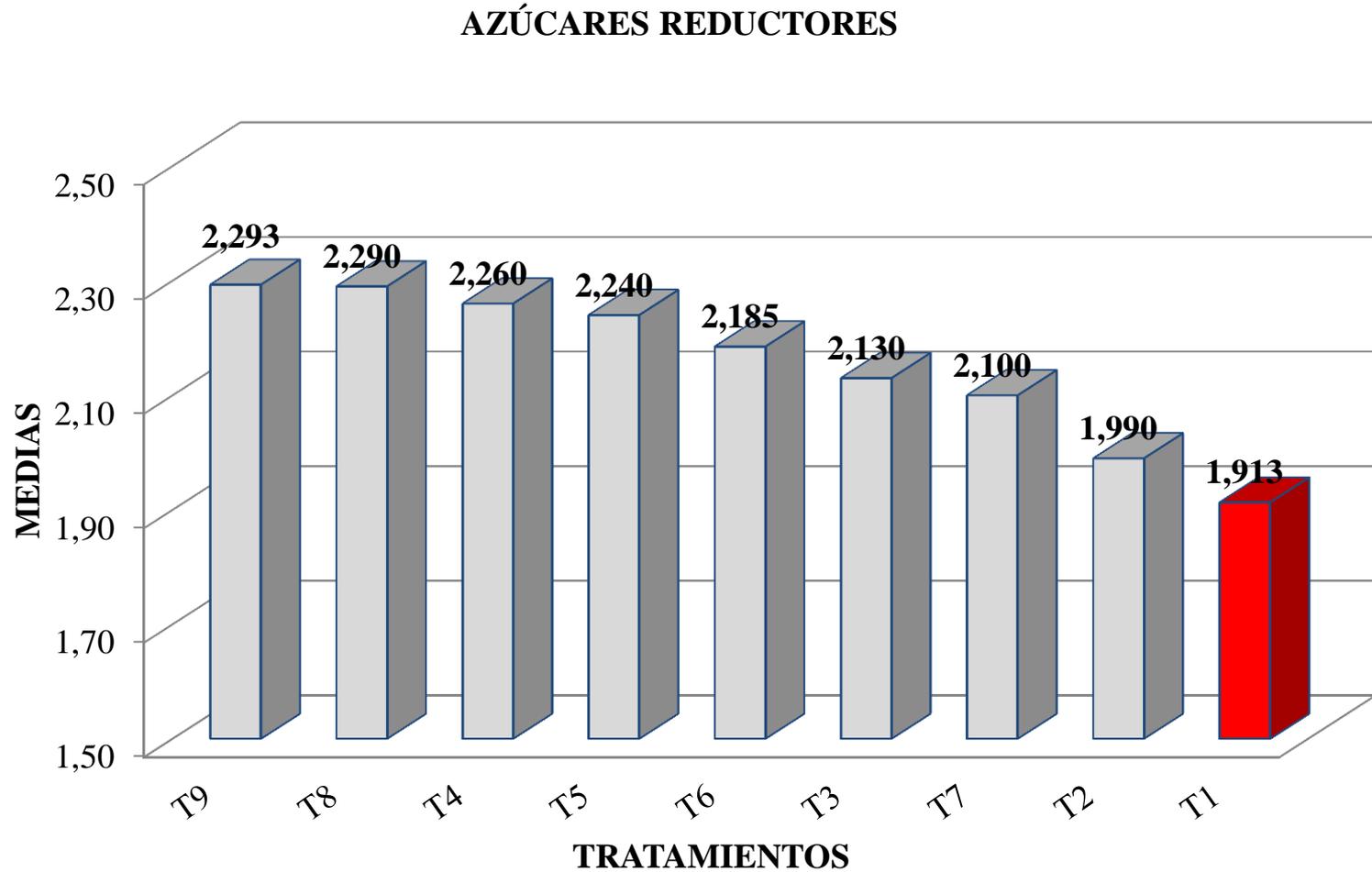
\* : Significativo

NS: No significativo

## 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>

# Comportamiento de las medias para Azúcares Reductores



# ADEVA del Índice de Infestación

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

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

\*\* : Altamente significativo

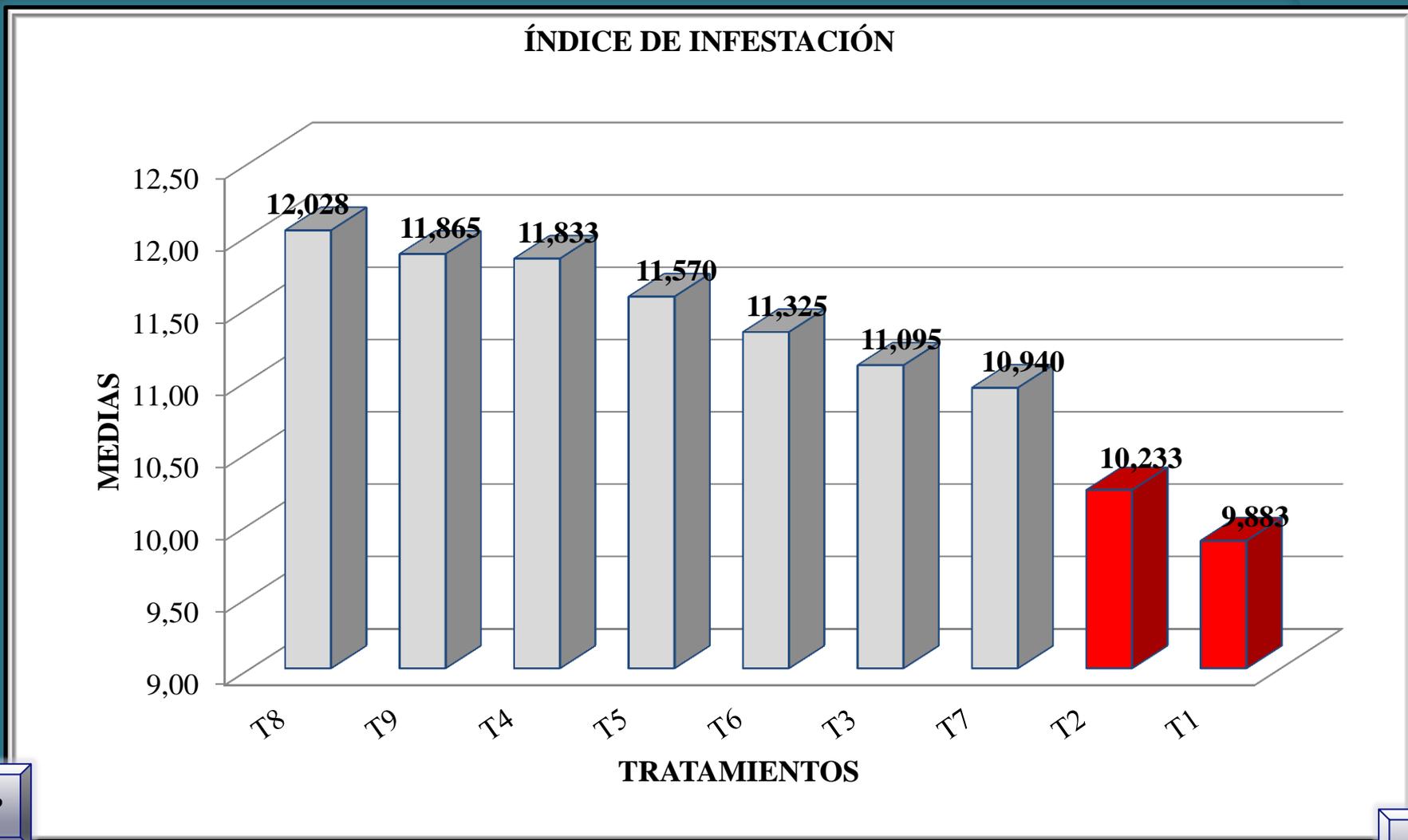
\* : Significativo

NS: No significativo

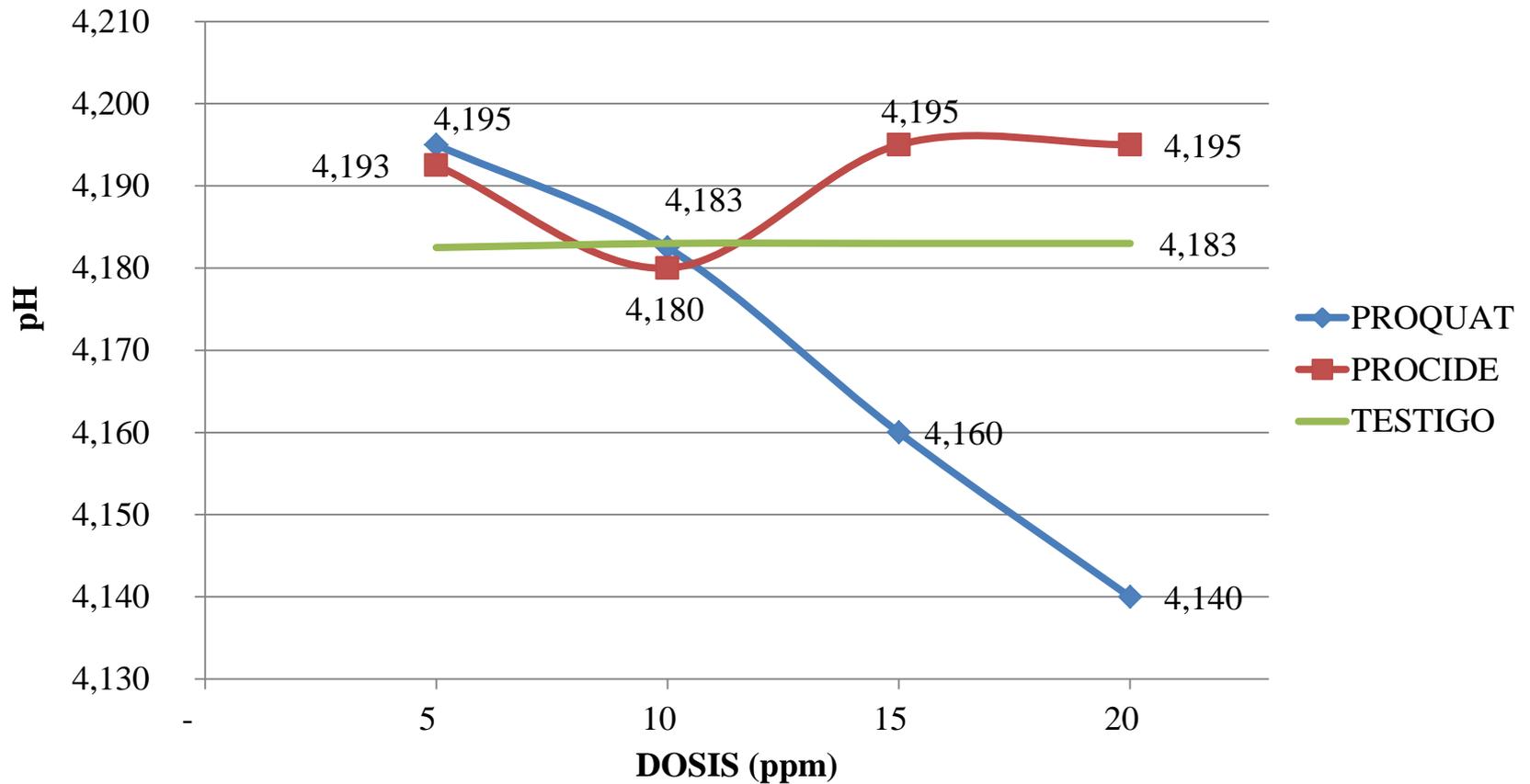
## Prueba TUKEY al 5% para tratamientos de la variable Índice de Infestación

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

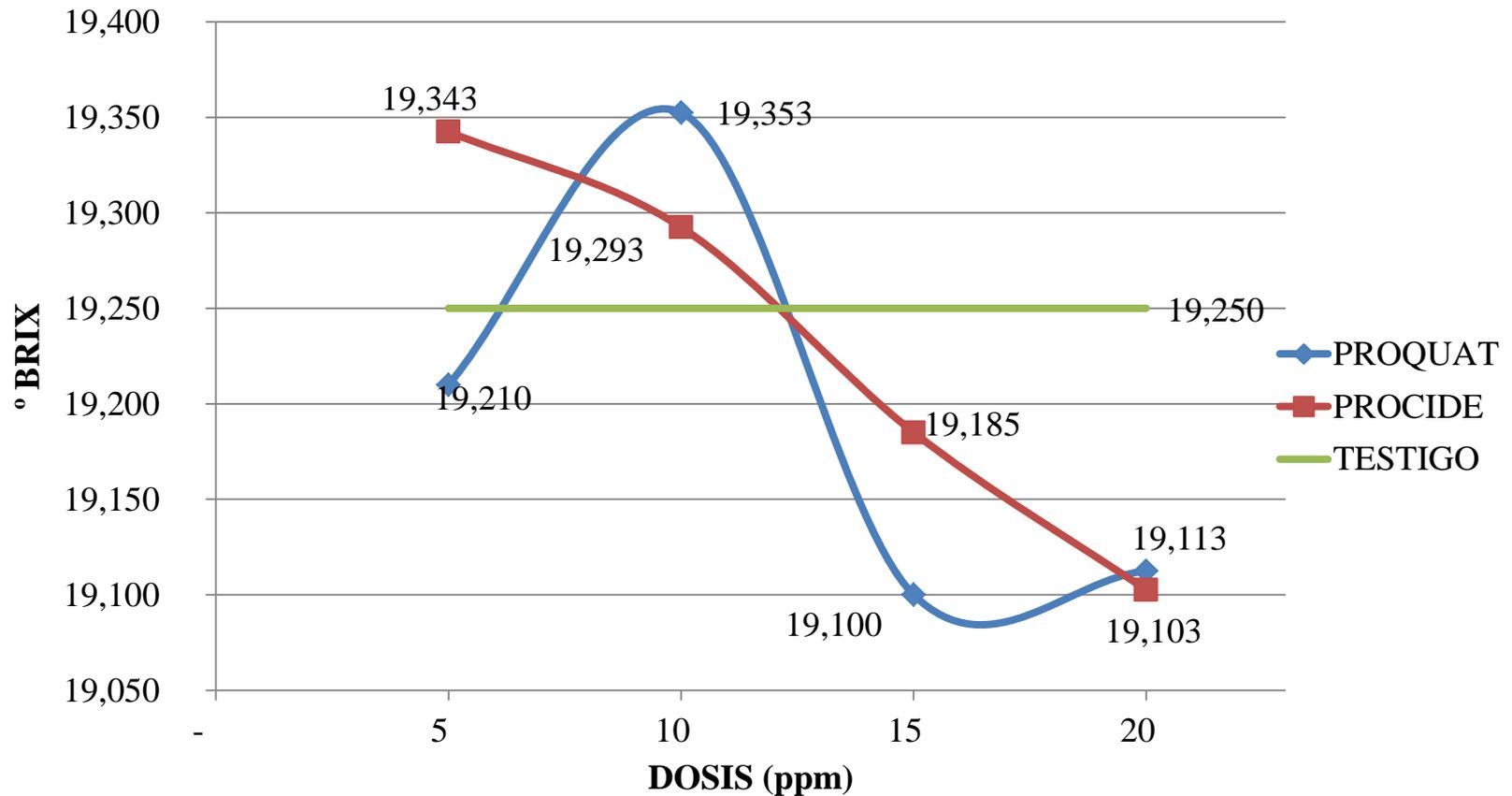
# Comportamiento de las medias para el Índice de Infestación



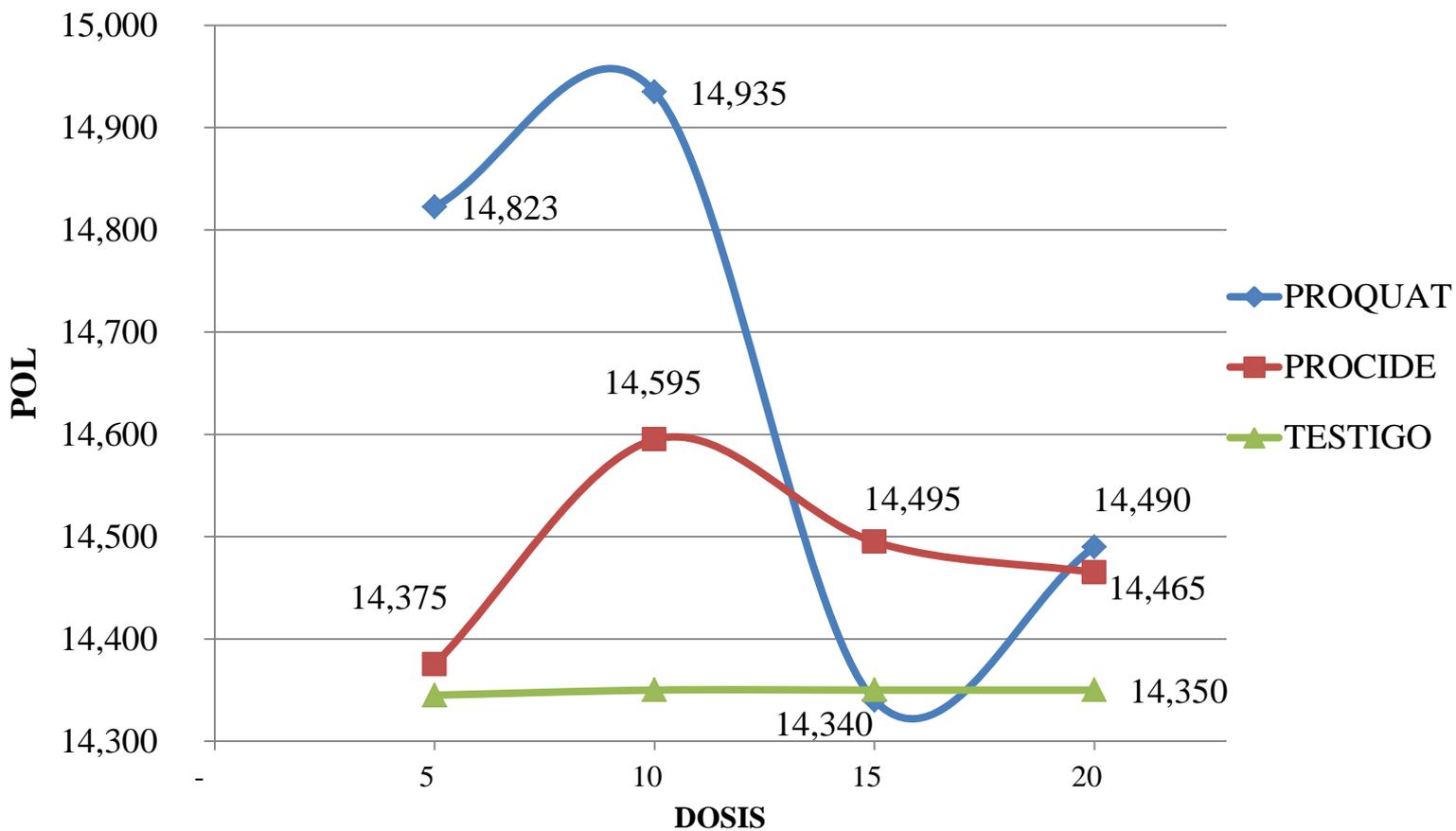
# Comportamiento de las diferentes dosis de los biocidas y testigo con relación al pH de los jugos de caña.



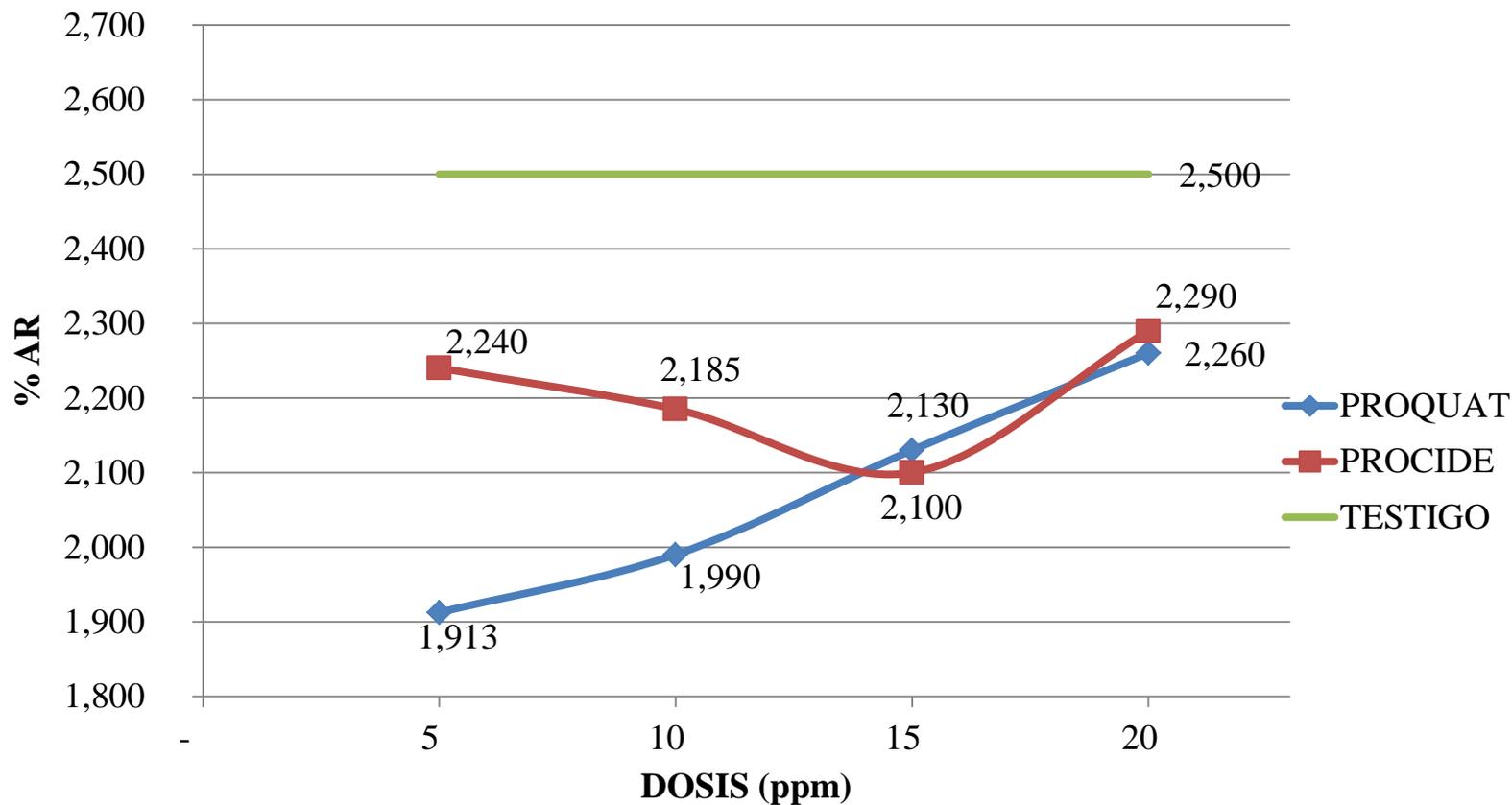
# Comportamiento de las diferentes dosis de los biocidas y testigo con relación a los °Brix de los jugos de caña.



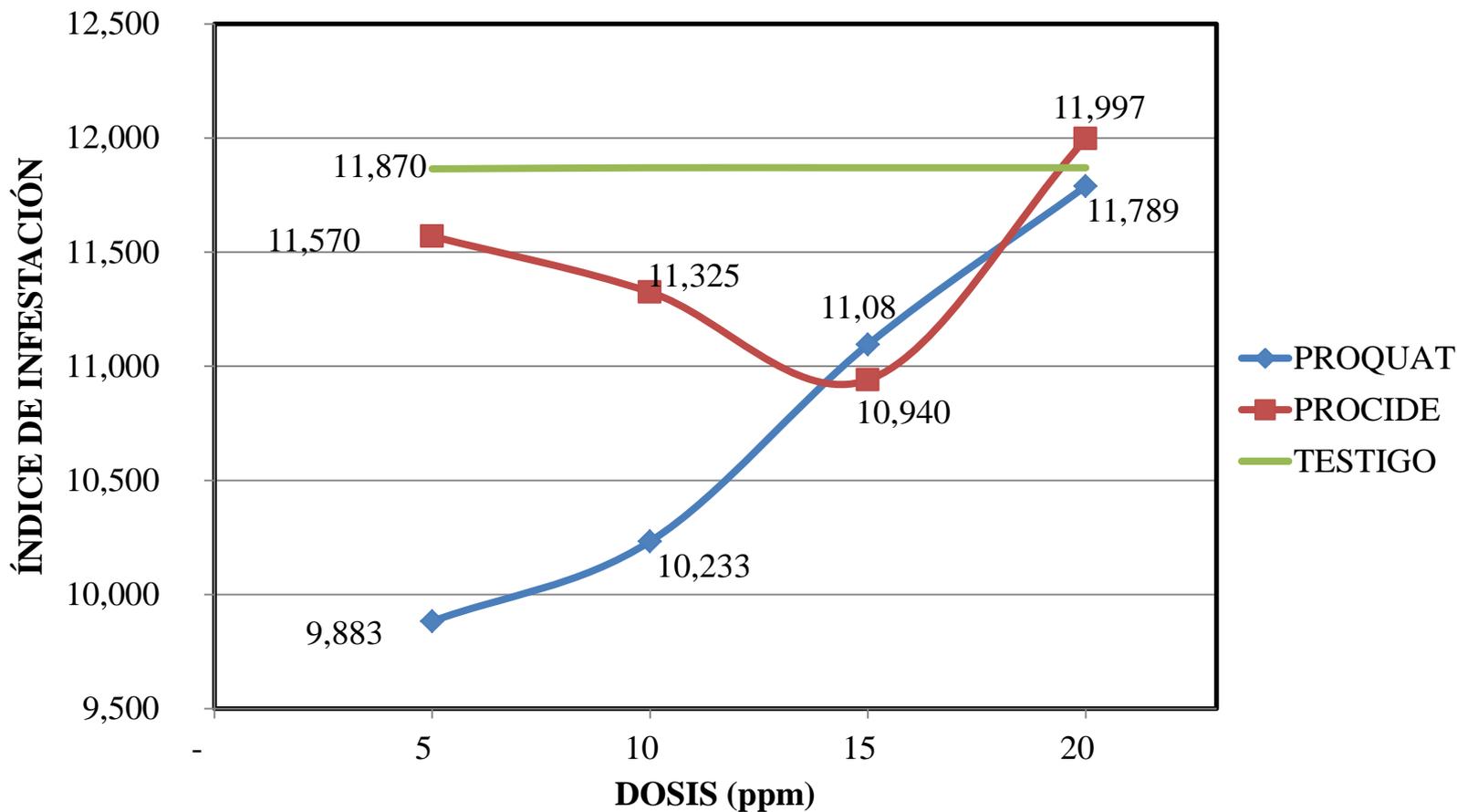
# Comportamiento de las diferentes dosis de los biocidas y testigo con relación a la Pol de los jugos de caña.



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



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



Con el fin de dar seguimiento a la investigación, 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.

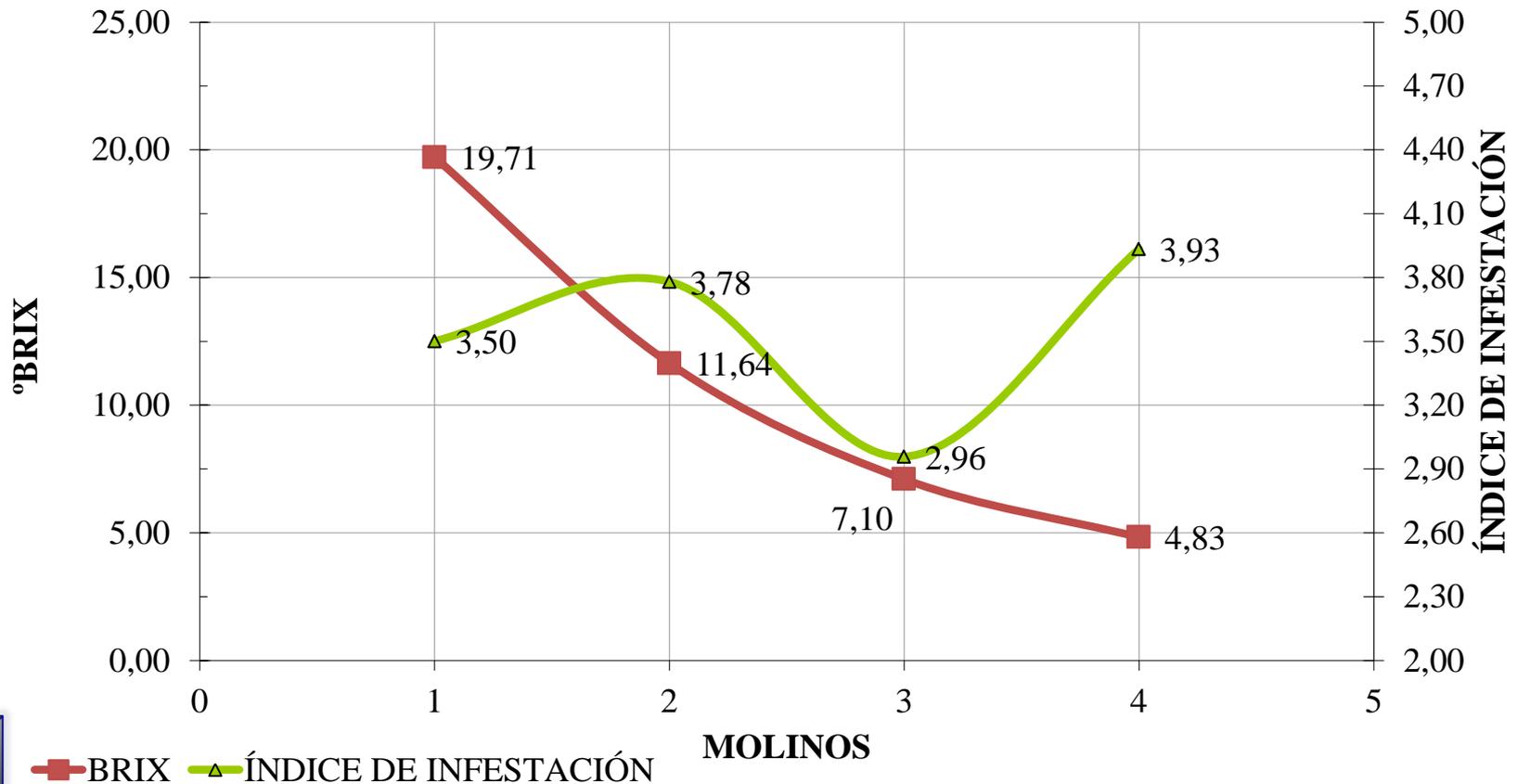
**Semana 4:** aplicación de biocida PROQUAT BC 50 en los molinos 2 y 3.

**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.

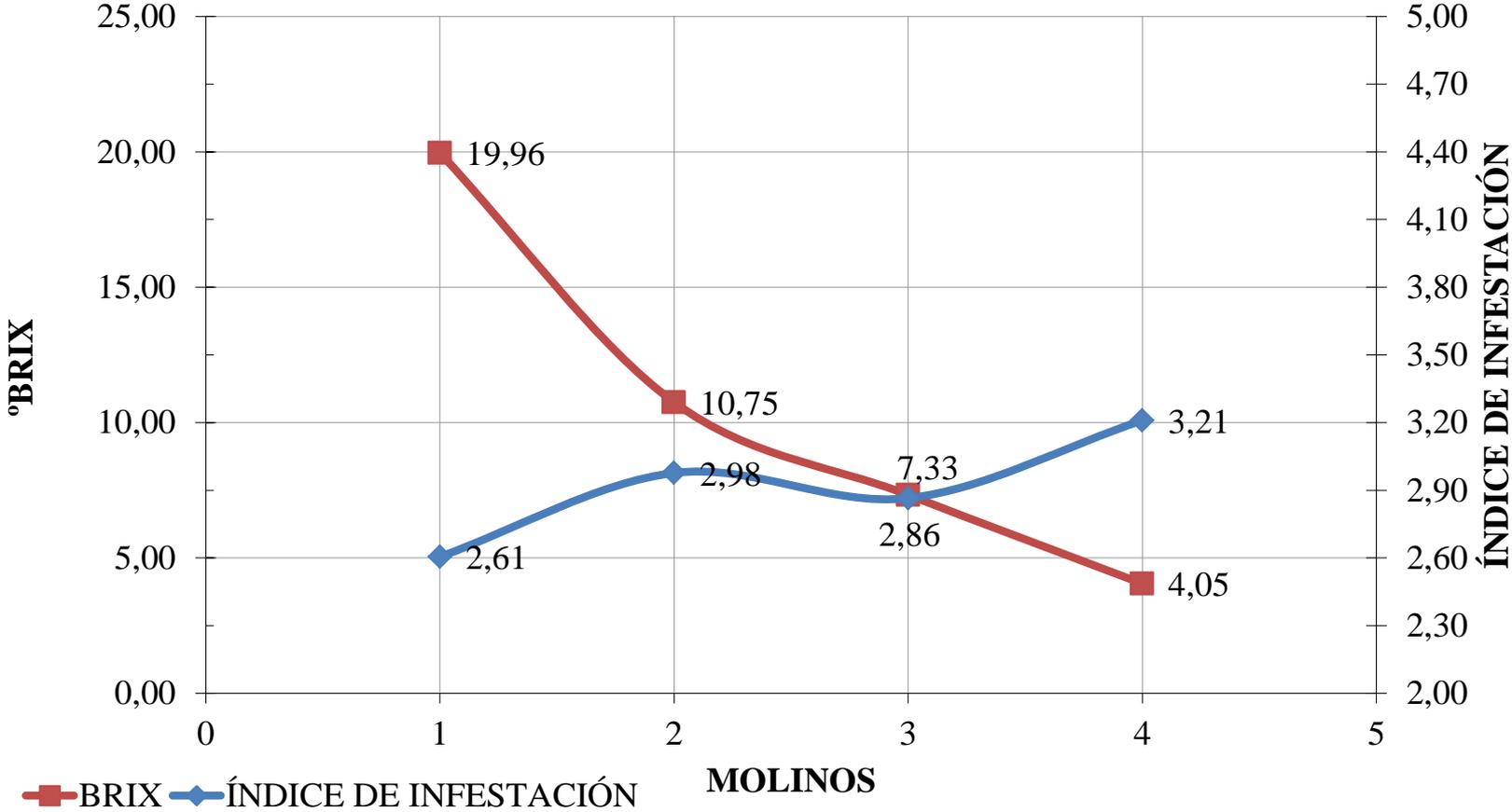
# Comportamiento ° Brix vs. Índice de Infestación de cada molino durante la semana preliminar con dosificación en los molinos 2 y 3.

COMPORTAMIENTO °BRIX vs I.F DE CADA MOLINO (SEMANA 1)



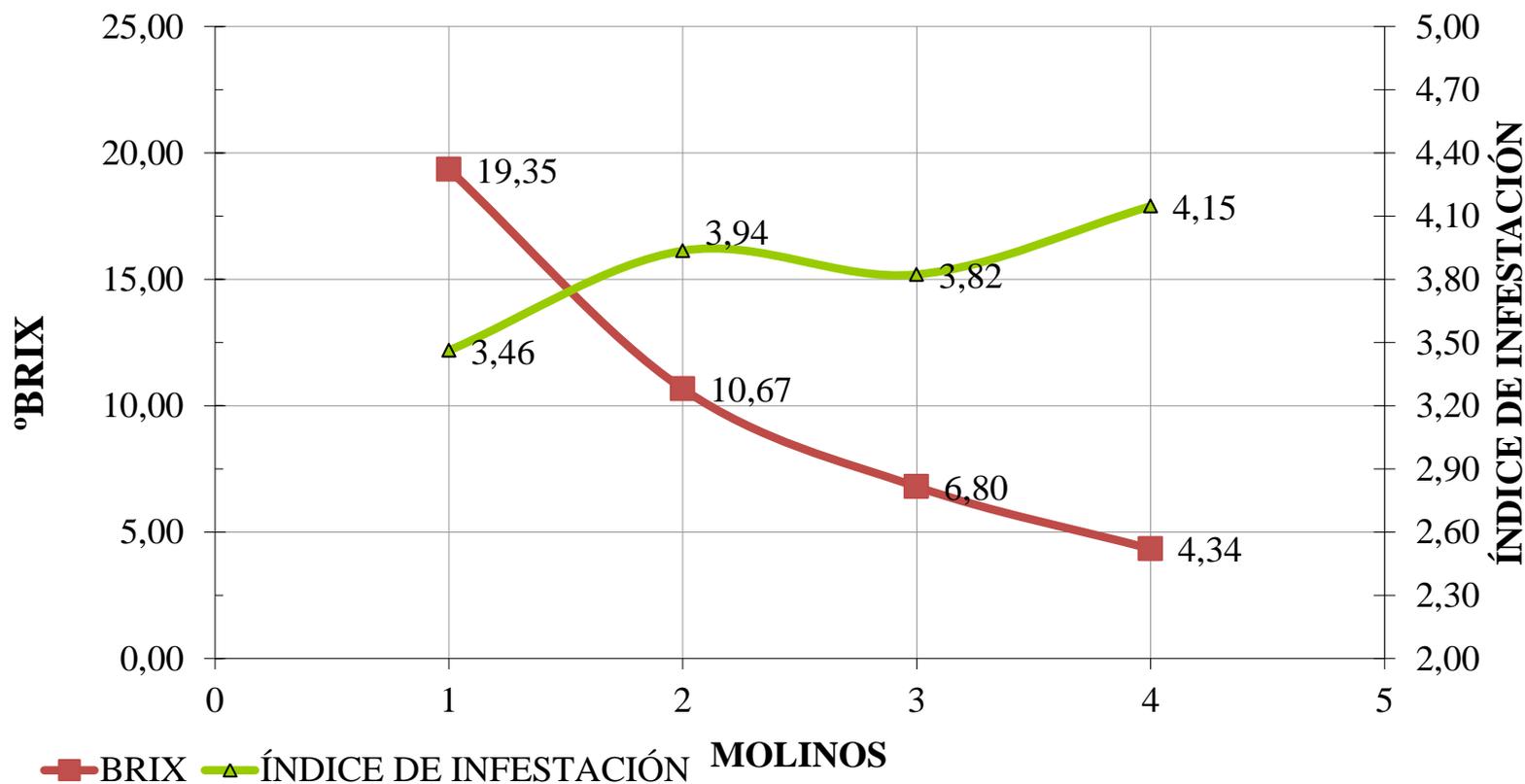
# Comportamiento ° Brix vs. Índice de Infestación de cada molino durante la semana sin dosificación de biocida.

COMPORTAMIENTO °BRIX vs I.F DE CADA MOLINO (SEMANA 2)



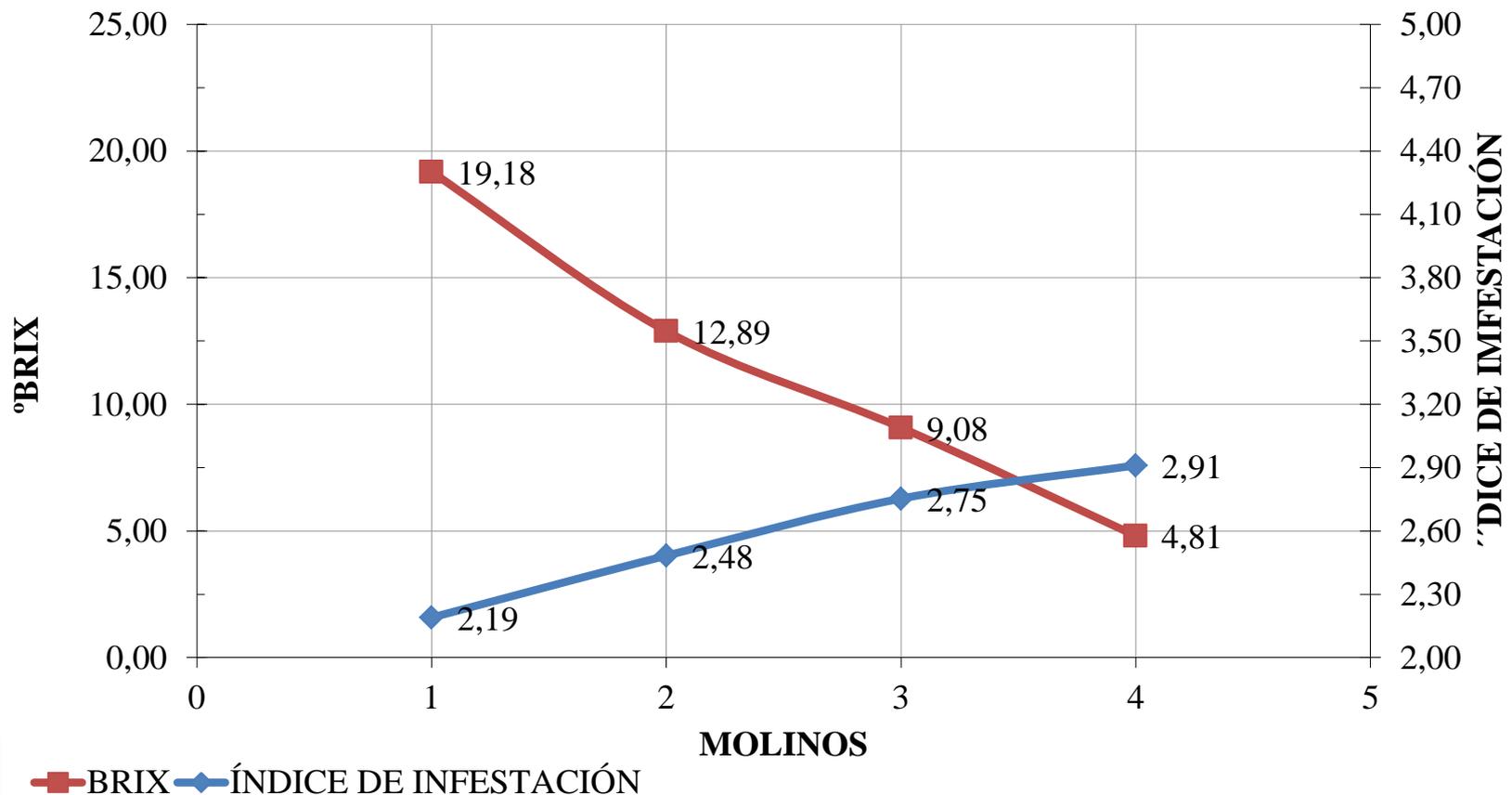
# Comportamiento ° Brix vs. Índice de Infestación de cada molino durante la semana de dosificación del biocida PROCIDE BC 800 30 H (10ppm), en los molinos 2 y 3.

COMPORTAMIENTO °BRIX vs I.F DE CADA MOLINO (SEMANA 3)



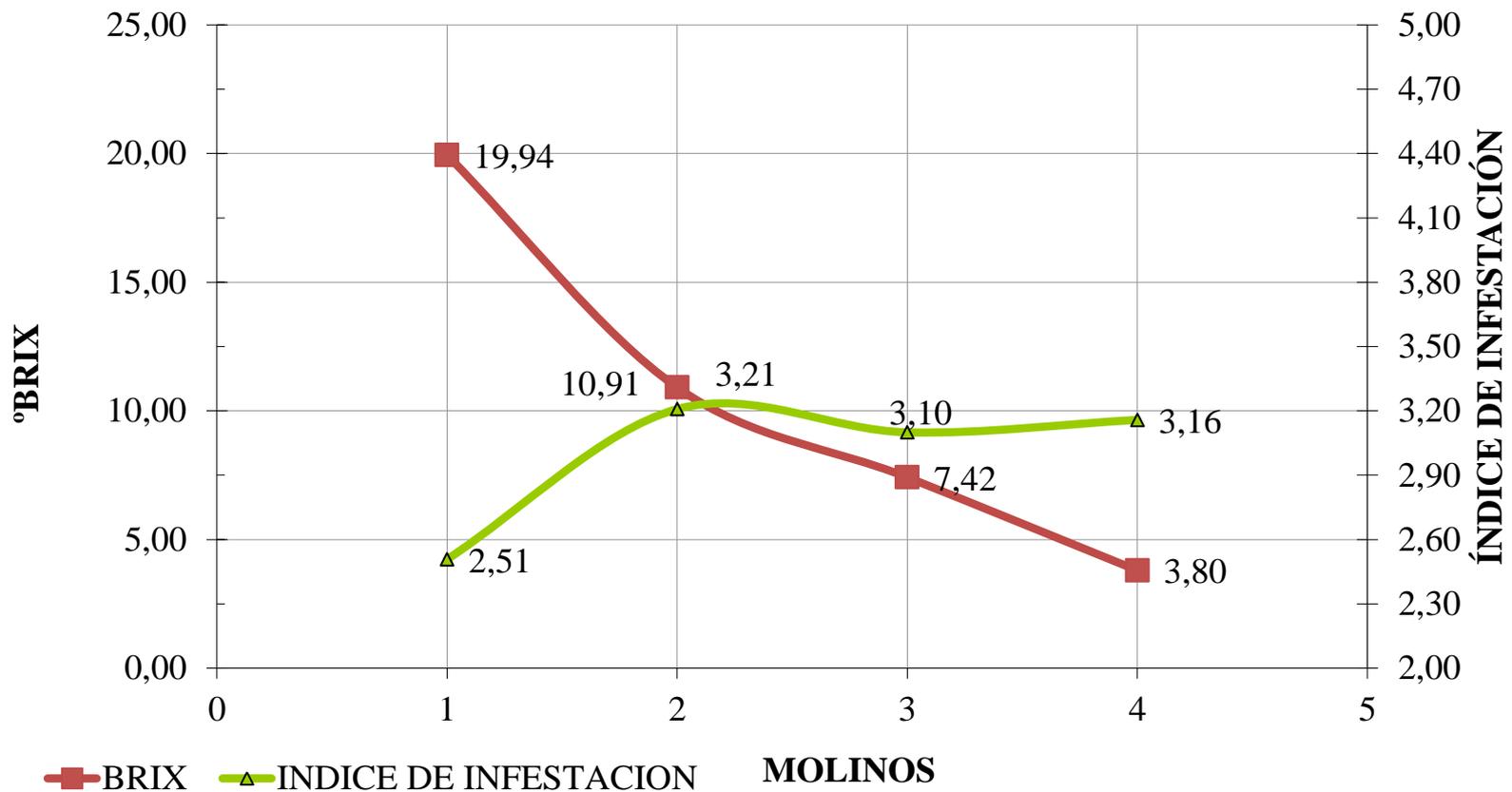
# Comportamiento ° Brix vs. Índice de Infestación de cada molino durante la semana de dosificación del biocida PROQUAT BC 50 (10ppm), en los molinos 2 y 3.

COMPORTAMIENTO °BRIX Vs I.F DE CADA MOLINO (SEMANA 4)



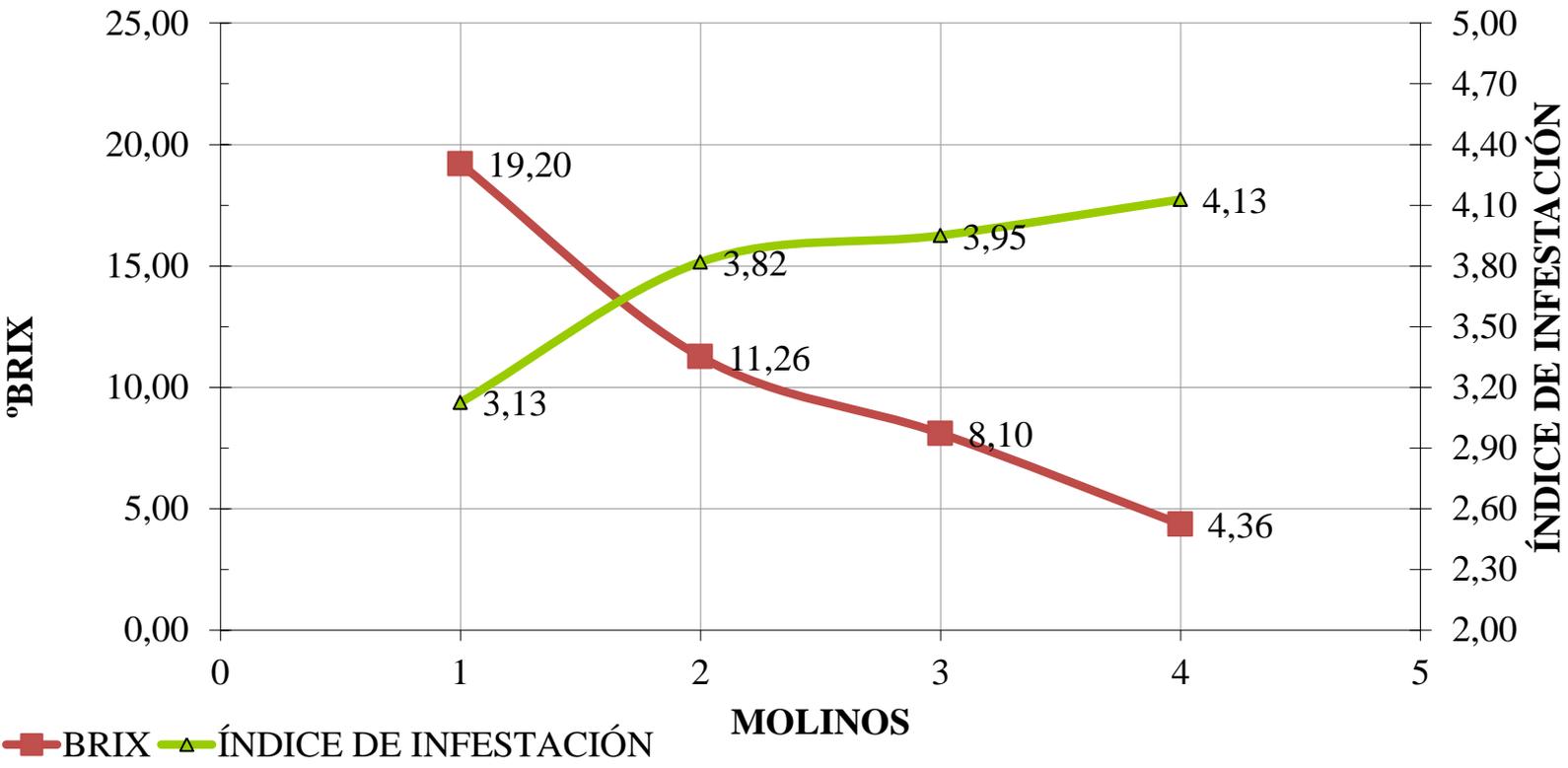
# Comportamiento ° Brix vs. Índice de infestación de cada molino durante la semana de dosificación del biocida PROQUAT BC 50 (10ppm), en los molinos 2 y 4.

COMPORTAMIENTO °BRIX vs I.F DE CADA MOLINO (SEMANA 5)

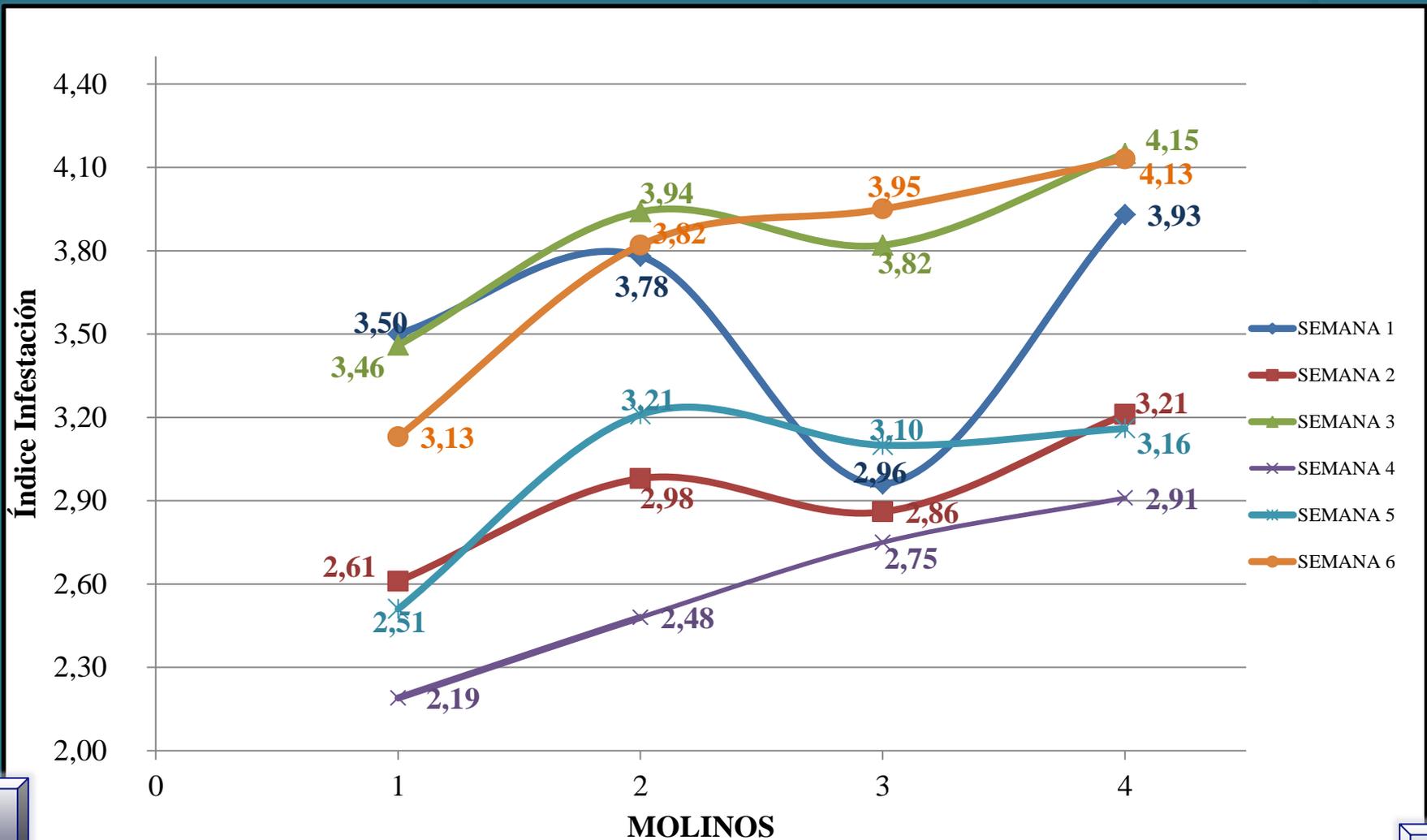


# Comportamiento ° Brix vs. Índice de Infestación de cada molino durante la semana de dosificación del biocida PROCIDE BC 800 30 H (10ppm), en los molinos 2 y 4.

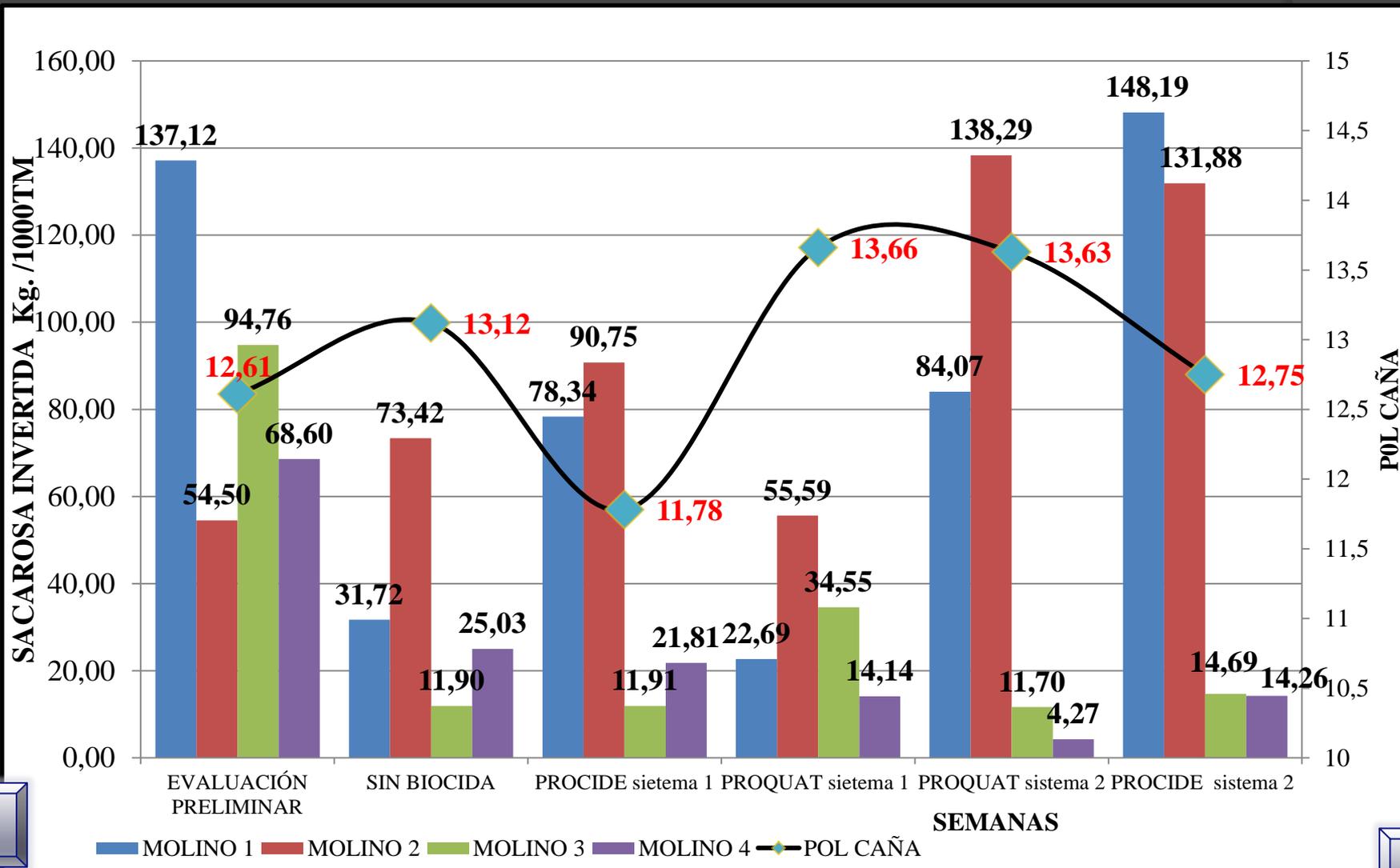
COMPORTAMIENTO °BRIX vs I.F DE CADA MOLINO (SEMANA 6)



# Curvas del Índice de Infestación de los molinos correspondientes a las semanas analizadas



# Comparación semanal de sacarosa invertida en molinos



# Análisis de las pérdidas de sacarosa y costo de kg de los biocidas.

PÉRDIDAS Y COSTOS DE SACAROSA EN 1000 TCM				CANTIDAD Y COSTO DE BIOCIDA EN 1000 TCM		
SEMANA	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	-

# Análisis de pérdidas de azúcar en Kg y pérdidas económicas con relación a la calidad de la materia prima.

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

# 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 sistema 1, 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 sistema 2 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 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.

# 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 de biocida 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 luminómetro 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.

# GRACIAS

MP

