

# **“RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL MICROBIOLÓGICO EN INGENIOS DE GUATEMALA”**

**Autor:** Lic. Osbel Núñez Jiménez \*, OPTIMISA-ZAROTECH, Guatemala

## **RESUMEN**

Se presentan los resultados y las oportunidades de la aplicación de un sistema integrado de control microbiológico que incluye el monitoreo en caña y molinos, y el control operativo en estos últimos. El sistema se ha desarrollado con el soporte del Test de la Resazurina Modificado, cuyo procedimiento original se transformó para lograr menor costo y tiempo de respuesta, más fiabilidad, sencillez y precisión, y sobre todo, viabilidad y disposición para usarlo de forma operativa en las áreas de la fábrica. Como aplicaciones de relevancia se presentan los resultados generales, particularmente en la evaluación de caña de cosecha, del área de extracción como conjunto, y de los puntos críticos a través del tándem. En general, la implementación del sistema permite orientar técnica y objetivamente los procesos y las decisiones operativas y estratégicas para disminuir la actividad microbiana y sus nefastas consecuencias para la industria azucarera.

## **1.- INTRODUCCION**

Desde mediados del pasado siglo se conoce que la actividad microbiológica ha sido un factor negativo que disminuye la eficiencia y aumenta los costos en la agroindustria azucarera. De diversas maneras se ha tratado de minimizar los efectos de dicha actividad; la lucha contra plagas y enfermedades y la mejor organización de la cosecha y el transporte, son grandes pasos que han mejorado este efecto, así como el énfasis en la limpieza y desinfección en el área de molienda, a lo que se añade en los últimos años la aplicación de desinfectantes y enzimas como la dextranasa.

\*Lic. Osbel Núñez Jiménez, 18 ave. 3-38, Z-1, Guatemala, osbelnu@gmail.com

Si bien la actividad microbiológica demasiado alta en la caña o los jugos de los molinos provoca consecuencias negativas tan ostensibles y perjudiciales que ya es mínima su incidencia debido a las medidas adoptadas, todavía son significativos los efectos múltiples y de menor escala, pero que unidos pueden ocasionar considerables pérdidas.

Un factor que ha dilatado las mejoras en los procedimientos paliativos establecidos o por establecer, es la falta de técnicas analíticas confiables, baratas y sencillas, que permitan un monitoreo sistemático con la frecuencia que demanda esta industria, la cual procesa grandes masas de materia prima las 24 horas del día, durante 6 meses.

Ya ha sido demostrado que indicadores tradicionales como la caída de pureza, el incremento del coeficiente glucósico, glucobrix o reductores, muy útiles en mediciones de otra naturaleza, no son confiables cuando está presente la actividad microbiológica, incluso pueden indicar valores en el sentido contrario de lo que está realmente sucediendo. Mientras, otras técnicas más confiables para medir la densidad microbiológica o sus efectos, son demasiado complicadas o caras para aplicarlas en un control microbiológico sistemático como lo demanda la industria (Hernández y Sainz, 1987). En las últimas décadas del siglo pasado, la industria azucarera cubana comenzó a trabajar en el desarrollo de técnicas analíticas confiables, sencillas y baratas que fueran viables en condiciones fabriles y aptas como indicadores para acciones operativas puntuales, además de admitir la significancia muestral que permitan tomar decisiones estratégicas acertadas basándose en sus resultados. De todas estas técnicas, el Test de la Resazurina desarrollado por Hernández (1986) resultó ser la más prometedora. En la continuación de los trabajos iniciales, se desarrollaron metodologías que fueron implementadas por el Ministerio de la Industria Azucarera cubano. (Núñez y Maldonado, 1986).

La disminución a niveles mínimos de la anteriormente pujante industria azucarera cubana provocó que desde finales de la década de los ochentas, durante todos los noventas y primera década de este siglo el tema no se desarrollara suficientemente. Sin embargo, dada la importancia del mismo, durante los últimos años se comenzó a trabajar con ingenios de Guatemala en la actualización de los métodos basados en el test de referencia y el establecimiento de un sistema integrado de control microbiológico para la agroindustria.

En el presente trabajo se informa como con la modificación de la prueba que la hizo más funcional y viable, se ha logrado evaluar de forma confiable la calidad microbiológica de la caña y de los jugos del tándem, así como para informar y tomar medidas operativas en cuanto a la asepsia general y los puntos críticos del tándem. Más que informar resultados precisos o puntuales, el objetivo es ofrecer una panorámica de las oportunidades que representa la implementación del sistema integral implementado.

## **2.- Desarrollo**

### **2.1.- Implementación general**

Los trabajos para obtener la mejor variante del Test de la Resazurina, las pruebas experimentales para el establecimiento de un sistema de control integral microbiológico en la agroindustria, y finalmente la implementación del mismo, se han realizado progresivamente en varios ingenios durante los últimos 4 años: 5 de Guatemala y experimentalmente en uno de Honduras y Nicaragua respectivamente. La optimización del test comprendió el establecimiento de la relación de inoculación jugo/solución y aireación que redujera el tiempo y se observara mejor el punto final considerando las características del jugo analizado; y el reporte de los resultados fácilmente descifrables con la introducción de 2 indicadores: Coeficiente Microbiológico (CM), para estimar la actividad microbiológica en jugos u otros materiales azucarados; y el Incremento de CM (IC), este último para medir el incremento de la actividad microbiológica entre dos puntos consecutivos en el proceso. En el cuadro No. 1 se presenta un ejemplo de la valoración de estos indicadores. Las ecuaciones para definirlos son los siguientes:

$CM = \frac{5}{t}$  , donde CM es el Coeficiente Microbiológico: indicador de la actividad microbiológica en un jugo específico, y t es el tiempo de respuesta (decoloración a neutro) de la solución rezasurina-jugo, expresado en horas.

$IC = CM_2 - CM_1$  donde IC indica el incremento de la actividad microbiológica entre dos puntos consecutivos (1 y 2) en el proceso; y  $CM_1$  y  $CM_2$  son los Coeficientes Microbiológicos de los respectivos productos, como pudieran ser jugo primario (1) y jugo diluido(2).

**Cuadro No 1. Valoraciones comunes dadas al CM e IC por su valor numérico.**

CM	Valoración del Resultado	IC = Incremento de CM entre dos puntos o productos	Valoración
Menor 2.5	<b>Bueno</b>	0 o menor que 0 (se informa 0)	Bueno (no se incrementa)
2.0 a 2.5	<b>Alerta</b>		
2.5 a 3.0	<b>Malo</b>	0 a 0.05	Alerta
3.0 a 5.0	<b>Crítico</b>	Mayor que 0.05	Incremento de Actividad Microbiológica
Mayor de 5	<b>Muy crítico</b>		

Los datos para exponer las oportunidades de implementar el Sistema Integrado de Control Microbiológico fueron obtenidos de la aplicación experimental o metódica del sistema en 5 ingenios de Guatemala en las últimas tres zafras.

## 2.2.- Aplicación a caña y cosecha

La implementación del sistema en los laboratorios de caña es muy sencilla debido a que utiliza la misma muestra que se obtiene del monitoreo sistemático realizado a la entrada de la fábrica. A dicha muestra, solo se le da el procesamiento específico del test. Los resultados obtenidos en el laboratorio de caña generan conductas en tres direcciones: operativa inmediata, operativa diaria y estratégica. Además, se consideran decisiones sobre cultivo, variedades y otras que no dependen de la operación de cosecha y transporte, porque en esta última, la consideración es que la

restricción de la actividad microbiológica se realizará principalmente por la reducción del tiempo ente quema-corte-transportación-molida, según se muestra en el cuadro 2.

**Cuadro No. 2 Conductas según resultados de actividad microbiológica en caña**

Inmediatez de conducta	Resultado	Conducta Laboratorio	Conducta Logística Cosecha-transporte
Operativa inmediata	Una muestra puntual mala o crítica	Aviso al Tándem para aplicación de desinfectante y medidas asociadas. Monitoreo extraordinario del mismo lote, se determina Lote en <b>EMERGENCIA</b> si procede	<b>LOTE EN EMERGENCIA:</b> Prioridad extraordinaria de corte-alza y transportación para la caña del lote
Operativa diaria	Lotes declarados en Emergencia o en estudio (aún con caña en proceso)	Continua Monitoreo extraordinario para alertar sobre incidencia	Disposiciones especiales para lotes involucrados, prioridad de corte-alza y transportación
Estratégica	Lotes o fincas declarados malos o críticos con datos de zafra anterior	Mantiene muestreo especial cuando llegue la caña de los lotes señalados	Planificación cosecha-transporte para reducir al mínimo posible el tiempo entre las operaciones

Como ejemplo, se muestra el Gráfico No. 1, procedente de los resultados de un ingenio durante tres zafras.

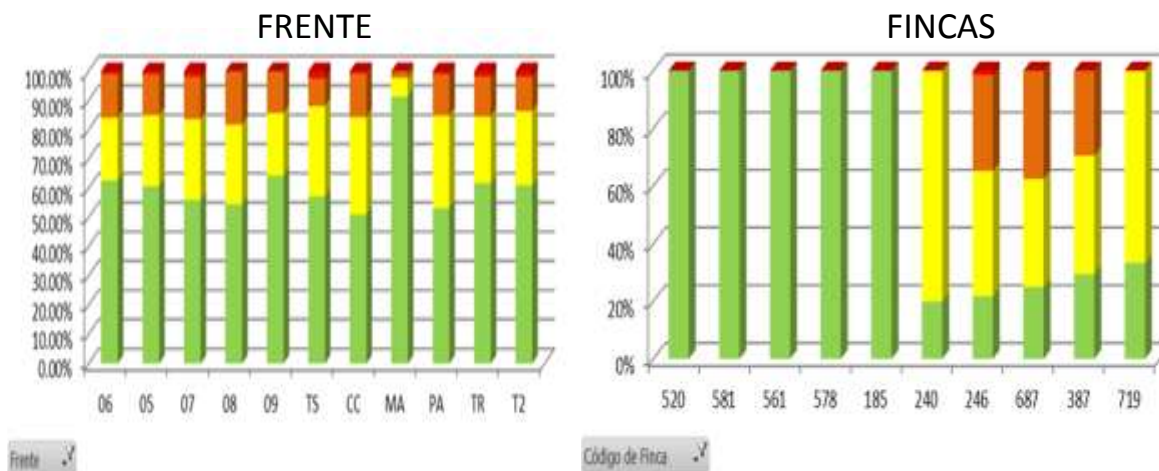
**Gráfico No. 1 Proporción de muestras de caña con cosecha de quemada-manual y verde-mecanizada según CM durante tres zafras en un ingenio**



En la comparación entre la incidencia de la quema y el corte mecanizado se puede observar que al parecer no hubo prácticamente diferencia entre la caña al llegar al ingenio por el tipo de cosecha; sin embargo, el hecho de que la caña mecanizada verde llega al ingenio en un tiempo estimado de 12 horas menos, después del corte que la quemada de corte manual, indica que el corte mecanizado provoca mayor actividad microbiológica que la quema. Este criterio está sustentado también por resultados experimentales independientes y los del jugo primario en varios ingenios.

En el gráfico No. 2 se muestra la distribución proporcional de muestras en los frentes y fincas donde dicha distribución fue extrema favorable o desfavorablemente. Se observa que excepto en el frente denominado MA(único con cosecha y transporte llamado maleteado), no hay demasiada diferencias entre los mismos, mientras que hay alguna diferenciación entre las fincas y más aún entre los lotes dentro de ellas. A partir de esta diferenciación de lotes surge su clasificación según la actividad microbiana, desde buenos hasta Malos y Críticos. Estos últimos son con los que se sigue la conducta descrita en el cuadro No. 2.

**Gráfico No. 2. Comparación de las proporciones de diferentes niveles de actividad microbiológica en caña de cosecha procedente de diferentes frentes y fincas con valores extremos.**



### 2.3.- Implementación en área de extracción

El control en los molinos es también al mismo tiempo monitoreo y acción operativa; las muestras se toman directamente de los puntos establecidos para jugo primario y diluido, idealmente 4 muestras cada 3 horas, y se calcula CM para cada muestra, e IC de los promedios de 3 horas. Un procedimiento establecido, indica que medidas se deben tomar para diferentes valores de CM e IC. En general las medidas son aplicación de dosis de desinfectantes, considerando los resultados de la evaluación de los mismos, y/o incremento de las actividades de limpieza y desinfección con vapor sobre áreas específicas, seleccionadas de los resultados de las corridas de molinos para determinar puntos críticos. Los resultados del Control Operativo Microbiológico en Molinos (COM) generan también conductas diferenciadas según se muestra en el cuadro 3.

**Cuadro No. 3. Conductas según resultados de actividad microbiológica en área de extracción**

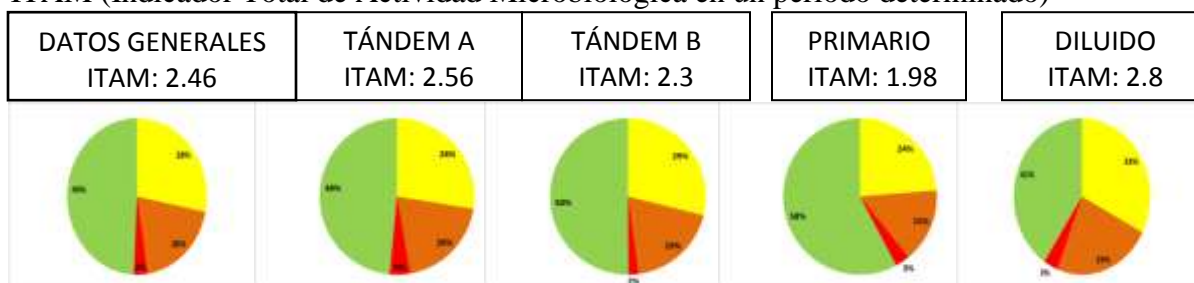
Inmediatez de conducta	Resultado	Conducta Laboratorio	Conducta Área de Extracción
Operativa inmediata	Una muestra puntual de jugo primario o de tanques con retención con CM malo o crítico	Informa a operario de asepsia para aplicación extraordinaria de desinfectante a shock	Aplica bactericida extraordinaria en forma de shock
Operativa inmediata	IC u órgano de la planta inaceptable	Informa a operario de asepsia. Declara Punto Crítico. Muestra 10 minutos después de las acciones recomendadas y evalúa resultado.	Aplica limpieza extraordinaria sobre órganos indicados y aplica vapor si es posible
Operativo-estratégico diario y/o semanal	CM e IC promedios, Frecuencia de puntos o productos críticos	Análisis administrativo con área de extracción para tomar medidas que correspondan con resultados generales	Si procede se hacen cambios en procedimientos de limpieza y desinfección así como en operaciones
Estratégica	Datos generales de la zafra	Mantiene monitoreo para evaluar prevalencia o cambios de situación	Se modifican equipos, instalaciones, desinfectantes o procedimientos si procede.

El esquema para desinfectantes se considera parte del sistema integrado de control microbiológico y plantea la aplicación de los mismos en forma de shock cuando los CM del jugo primario o retenidos en tanques estén comprendidos en la categoría de malos, o cuando se repitan muestras en las categorías de alerta, según un procedimiento bien estructurado con indicaciones precisas de cuando y como aplicar en cada caso.

A continuación se muestra un ejemplo de resultados generales para un ingenio de dos tándems.

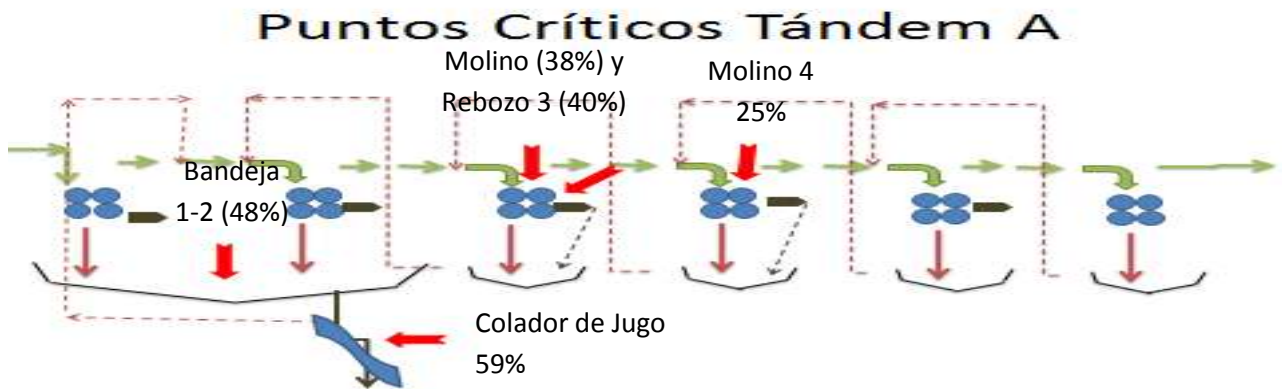
**Gráfico No. 3. Resultados generales en el área de extracción de un ingenio en la zafra 2012-2013**

ITAM (Indicador Total de Actividad Microbiológica en un periodo determinado)



Resultados como estos, junto a otros más específicos son analizados en forma periódica para trazar las estrategias diaria, semanal y mensual. En este caso, en el período analizado, en la entrada del tándem A fue mayor la actividad microbiológica, mientras que en el B, con menores valores en su entrada, fue tanto el incremento en us interior que su jugo diluido resultó con mayor magnitud que el del tándem A. Una estrategia adecuada, de continuar esta tendencia, es

**Gráfico No. 4. Órganos de un tándem con mayor frecuencia detectados “Punto Críticos” durante una zafra**



priorizar la aplicación de desinfectantes en el tándem A, mientras que en el B, la prioridad debe ser eliminar los sitios dentro del área de extracción donde las condiciones para la actividad microbiana se ha potenciado, determinando los llamados Puntos Críticos con Incrementos de CM inaceptables. En el gráfico No. 4 se resumen los órganos que resultaron Puntos Críticos en un tándem durante una zafra. La mayor trascendencia práctica de la determinación de puntos críticos es su aplicación operativa puntual que consiste en limpieza y desinfección extraordinaria mientras permanezca la situación, pero también los datos acumulados han motivado o apoyado decisiones de cambios en las estructuras, o la incorporación de aditamentos para desinfectar mejor en los órganos afectados.

Otro resultado obtenido es los promedios de CM por períodos de 3 horas durante el día como se muestran en el gráfico No. 5.

**Gráfica No. 5. Resultados promedios en una zafra de la actividad microbiológica por períodos del día**



Se observa el incremento bien marcado entre las 18 y 24 horas y la dependencia de los valores del jugo diluido (mezclado) de los del primario en este tándem, donde se recibe principalmente caña verde mecanizada. Mientras se busca como disminuir esos valores antes que lleguen al ingenio, el conocimiento de esta tendencia suscita medidas para paliar y al mismo tiempo prevenir su incremento en el tándem, intensificando la aplicación de desinfectantes en los períodos resultantes de alto CM en jugo primario.

#### **2.4.- Sistema integrado de control microbiológico**

En los apartados anteriores se ha demostrado la utilidad por separado de cada uno de los segmentos del sistema. Finalmente se debe enfatizar en la necesidad de la aplicación, como un sistema integrado de control microbiológico, que incluye el monitoreo, las acciones operativas puntuales, las decisiones y acciones operativas diarias y las decisiones estratégicas con los resultados de períodos más o menos variables, tanto en caña como en molinos.

En los ingenios donde se ha implementado este sistema, ha resultado una disminución de los efectos de la actividad microbiana con ahorros significativos de desinfectantes y otros insumos, que sin considerar la recuperación de azúcar y otros parámetros que serán objeto de publicaciones posteriores, ya pagan con creces los costos del establecimiento del sistema.

### **3.- Conclusiones**

1. El Test de la Rezasurina Modificado posee las condiciones para el monitoreo y control operativo en caña y tándem; y por su confiabilidad, rapidez, sencillez y bajo costo, permite obtener el número de muestras necesario para el establecimiento eficaz de estrategias y la toma de decisiones operativas válidas.
2. El sistema integrado de control microbiológico ha demostrado ser efectivo para determinar donde, cuanto como y cuando se incrementa la actividad microbiológica, tanto en la cosecha como en el área de extracción, permitiendo tomar medidas operativas durante el proceso productivo y definir estrategias a mayor plazo para reducirla, así como evaluar la efectividad de dichas medidas. .
3. La aplicación de un sistema integrado de control microbiológico es una opción ya en marcha para algunos ingenios y prometedora para todos donde se desee mejorar su eficiencia al menor costo.

### **4.- Bibliografía**

1. Hernández, M.T., 2007. Curso de Microbiología de la Producción Azucarera. Universidad del Valle de Guatemala.
2. Hernández, M. T. y T. Sainz. 1987. Microbiología de la industria azucarera. Ed. Universidad Central de las Villas. 270 p.

3. Hernández, MT. et. al. 1986, Microbiología de la producción azucarera. Producciones microbianas derivadas, Universidad central de las villas, Cuba, 385 p.
  
4. Núñez, O. y Maldonado, M. 1987. Método de la Resazurina. Aplicación en la industria azucarera. CAI Camilo Cienfuegos. La Habana, Cuba. [web en línea] en:  
<http://www.uh.cu/infogral/areasuh/vri/archivos/CAR/seminario2004/PDF/CALIDAD/MACU.Crudo/Mac4-80.pdf>