

MICROBIOLOGÍA EN LA INDUSTRIA AZUCARERA

Teresita Rodríguez Salas*, teresita.rodriguez@gmail.com
Adriana Hernández Quirós*, adrihernandezquiros@gmail.com

RESUMEN:

Se presentan resultados de análisis microbiológicos de cuatro ingenios realizados durante varias zafras consecutivas. Se analizaron muestras de jugos de caña, productos intermedios, producto terminado, aguas de proceso y aire; a los que se les determinó la presencia de bacterias mesofílicas, hongos y levaduras. También se analizó la presencia de microorganismos patógenos en el azúcar como producto final. Los resultados muestran el estado de cumplimiento con las buenas prácticas de manufactura y otros aspectos requeridos para la industria azucarera con el sistema para asegurar la inocuidad del producto (HACCP) implementado. Los resultados también son indicadores de la eficiencia de algunas etapas del proceso de extracción de la sacarosa en cada ingenio.

INTRODUCCIÓN:

Los resultados de los análisis microbiológicos en la industria azucarera podrían considerarse desde tres perspectivas:

1. ***Para cumplimiento con las normas reglamentarias y de las especificaciones de los clientes del azúcar.*** En Costa Rica, las normas de acatamiento obligatorio, emitidas por Decretos oficiales (6), estipulan que el azúcar debe cumplir con “ausencia de microorganismos causantes de alteraciones del producto y de peligro potencial para la salud pública”. Entre las especificaciones de los clientes se tienen las solicitadas por los refresqueros, fabricantes de bebidas carbonatadas, que estipulan cantidades máximas de unidades formadoras de colonias para bacterias mesofílicas (no más de 200) y para hongos y levaduras (no más de 10) por cada 10 gramos de producto.

Mientras que, otro cliente, fabricante de bebidas en polvo, estipula no más de 2000 y no más de 100 respectivamente para estos mismos tipos de microorganismos por la misma cantidad de producto, pero además estipula que debe haber ausencia total de microorganismos patógenos.

2. *Para evaluar la asepsia del proceso con el propósito de evitar pérdidas de sacarosa.*

Es importante considerar que la caña de azúcar naturalmente entra al proceso con microorganismos que trae desde el campo y que el jugo es un medio rico en nutrientes y factores de crecimiento que favorece su crecimiento. En la medida que las condiciones de manejo de la caña antes de llegar a la mesa de recibo y del proceso como el pH, la temperatura y la concentración de sacarosa lo permitan, los microorganismos se multiplicarán, incidiendo esto en una merma en la productividad en el proceso por la transformación de la sacarosa a azúcares reductores, ácidos y otros polisacáridos como dextranas, por la acción de la enzima invertasa, proveniente de los microorganismos, principalmente bacterias del género *Leuconostoc* como *L. mesenteroides*. Esta perspectiva es a la que mayor atención se le ha dado en la industria azucarera y por lo cual los microorganismos han sido tomados en cuenta (5).

3. *Como indicador de eficiencia de algunas etapas del proceso.* Conociendo la evolución del comportamiento de los microorganismos durante el proceso de extracción de la sacarosa en el ingenio, los resultados de algunos análisis microbiológicos pueden considerarse indicadores de la eficiencia de algunas etapas del proceso como por ejemplo, el proceso de clarificación del jugo. Este aspecto no ha sido considerado en esta industria; sin embargo en este trabajo se presentan resultados que revelan su importancia.

El objetivo de presentar este trabajo es brindar información obtenida durante al menos tres zafras en cuatro ingenios de Costa Rica, que sirva de referencia e ilustre la importancia de evaluar microbiológicamente el proceso de extracción de la sacarosa y del azúcar como producto final en un ingenio.

OBJETIVOS:

1. Valorar el cumplimiento de las normas de acatamiento obligatorio y de los clientes para el azúcar producido en cada ingenio.
2. Comparar la evolución del comportamiento de los microorganismos en cuatro ingenios de Costa Rica que tienen diferentes condiciones de proceso y ubicación geográfica.
3. Utilizar los resultados de los análisis microbiológicos como indicadores para la toma de decisiones en la mejora del proceso de extracción de la sacarosa en cada ingenio.
4. Contar con datos de resultados de análisis microbiológico de referencia para la industria azucarera en general.

MATERIALES Y MÉTODOS:

En cuatro ingenios de Costa Rica, que para efectos de este trabajo se denominan A, B, C y D, durante al menos las tres últimas zafras, se realizaron análisis microbiológicos de recuento total aerobio (bacterias mesofílicas), de recuento de hongos filamentosos, de recuento de levaduras y de presencia de microorganismos patógenos a jugos de caña, a productos intermedios del proceso de extracción de la sacarosa, al azúcar como producto final, al agua de proceso y al aire de acuerdo al siguiente cuadro:

Cuadro 1

**Análisis microbiológicos realizados a las muestras
del proceso de elaboración de azúcar en cuatro ingenios de Costa Rica**

Muestras	Análisis
Jugo prensa	Recuento total aerobio Recuento de hongos filamentosos Recuento de hongos levaduriformes
Jugo primario	
Jugo mixto	
Jugo filtrado	
Jugo clarificado	
Meladura cruda	
Meladura clarificada	
Masa A	
Azúcar húmeda	
Azúcar terminado	Recuento total aerobio Recuento de hongos filamentosos Recuento de hongos levaduriformes Presencia de microorganismos patógenos: Coliformes totales Coliformes fecales Escherichia coli Enterobacteriaceae Salmonella Listeria
*Aires (área de las centrífugas, enfriadoras, limpieza malla de la enfriadora, área de empaque, llenado de bolsones)	Recuento total aerobio Recuento de hongos filamentosos Recuento de hongos levaduriformes
*Aguas de proceso: (lavado de la caña, imbibición, lavado en las centrífugas, tanque de captación, lavado de manos)	Recuento total aerobio Recuento de hongos filamentosos Recuento de hongos levaduriformes Recuento de coliformes totales Recuento de coliformes fecales

*Los puntos de muestreo para los aires y para las aguas, no fueron los mismos para cada ingenio. Sin embargo en todos los casos, se analizó la calidad microbiológica del agua de lavado en las centrífugas y la calidad del aire dentro de la enfriadora de azúcar.

Los métodos de análisis utilizados fueron los del Compendio de Métodos para el Análisis

Microbiológico de Alimentos (1), los cuales se basan en el conteo de unidades formadoras

de colonias en placas sembradas con muestras en agar estándar para el caso de recuento

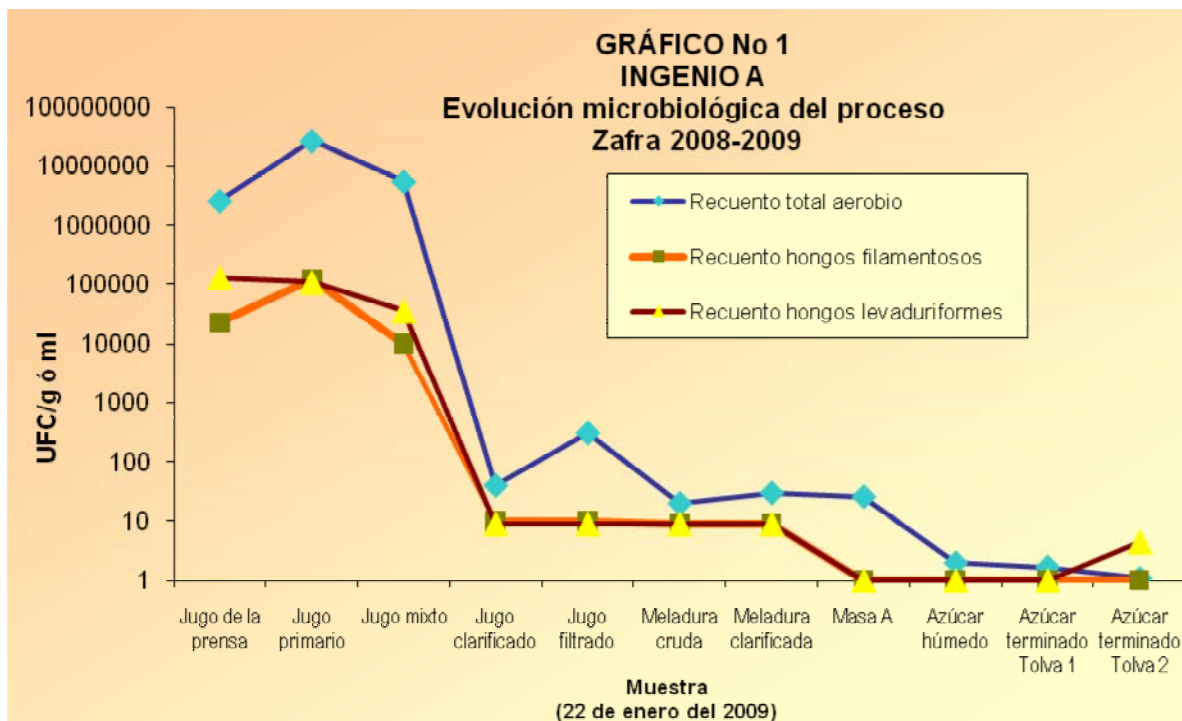
total aerobio y, agar papa dextrosa para el recuento de hongos filamentosos y levaduriformes. Para el análisis de recuento de coliformes totales y fecales se utilizó la metodología especificada en el Método Estándar para el Análisis de Aguas y Aguas de Desecho (8). Para analizar la calidad microbiológica del aire se utilizó un equipo de muestreo dinámico “Reuter Centrifuge Air Sampler” con cintas con agar para el aislamiento de bacterias y cintas con agar para el aislamiento de hongos y levaduras. Los análisis fueron realizados en un laboratorio especializado en el análisis microbiológico de alimentos que presta ese servicio al sector industrial alimentario.

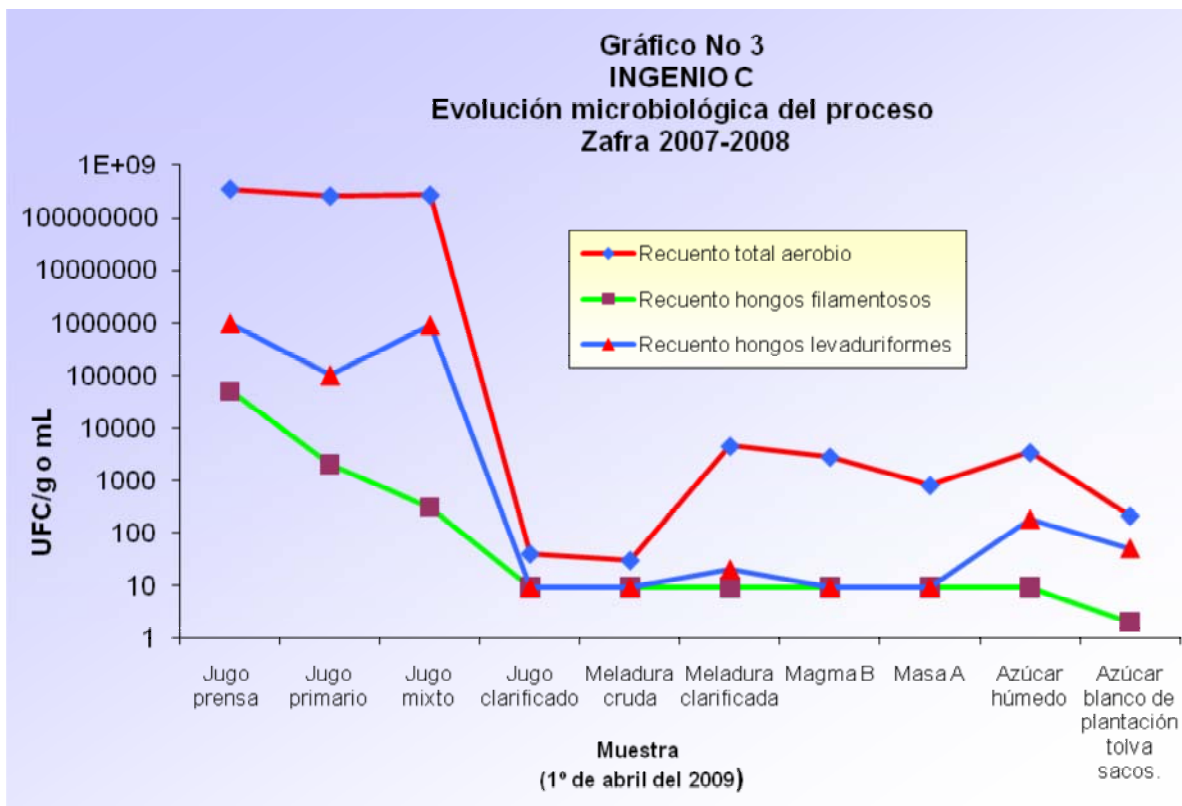
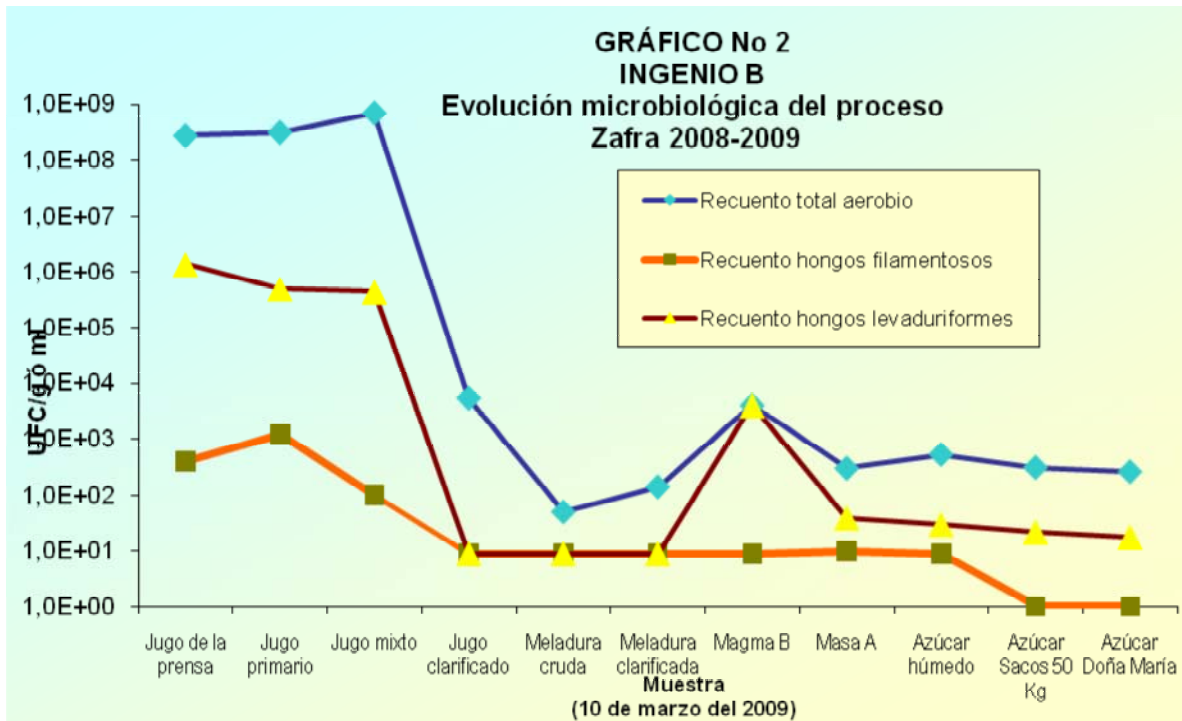
Para determinar la calidad microbiológica del azúcar blanco de plantación como producto final, se utilizó la especificación solicitada por Coca Cola Interamerican en relación con el recuento de bacterias mesófilas, recuento de hongos filamentosos y de hongos levaduriformes, expresados en unidades formadoras de colonias por 10 g de producto, que es la norma para bebidas carbonatadas y que es reportada en Chen (1999) (2).

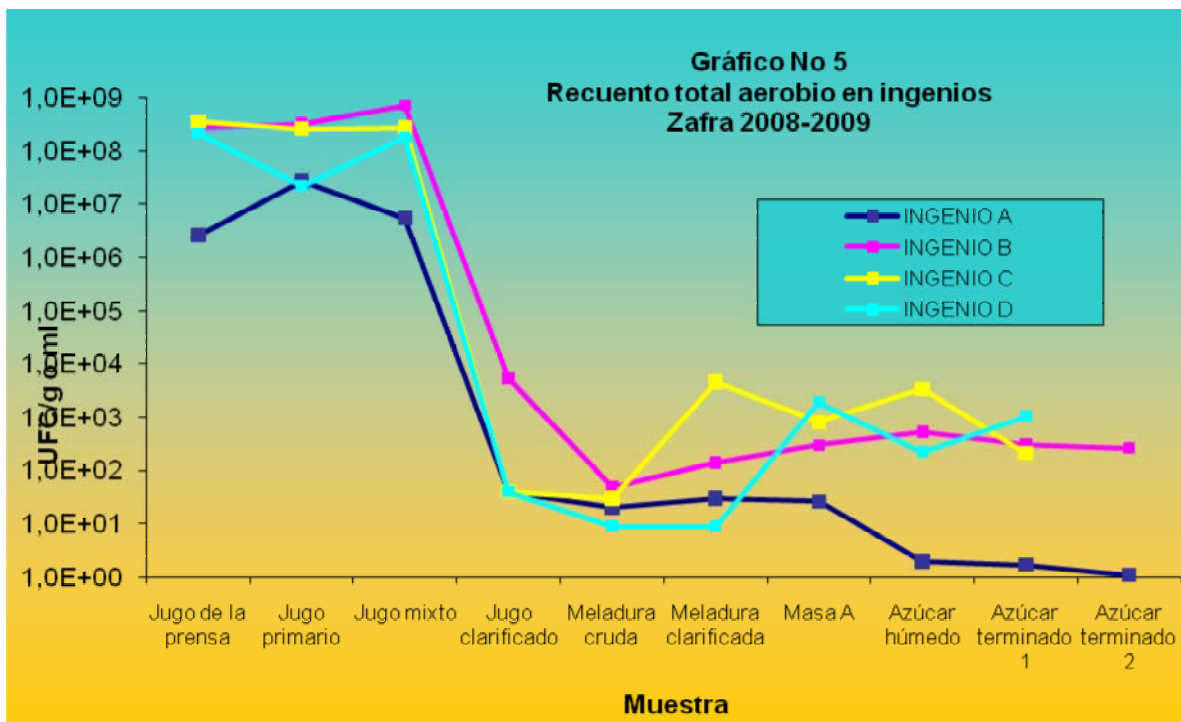
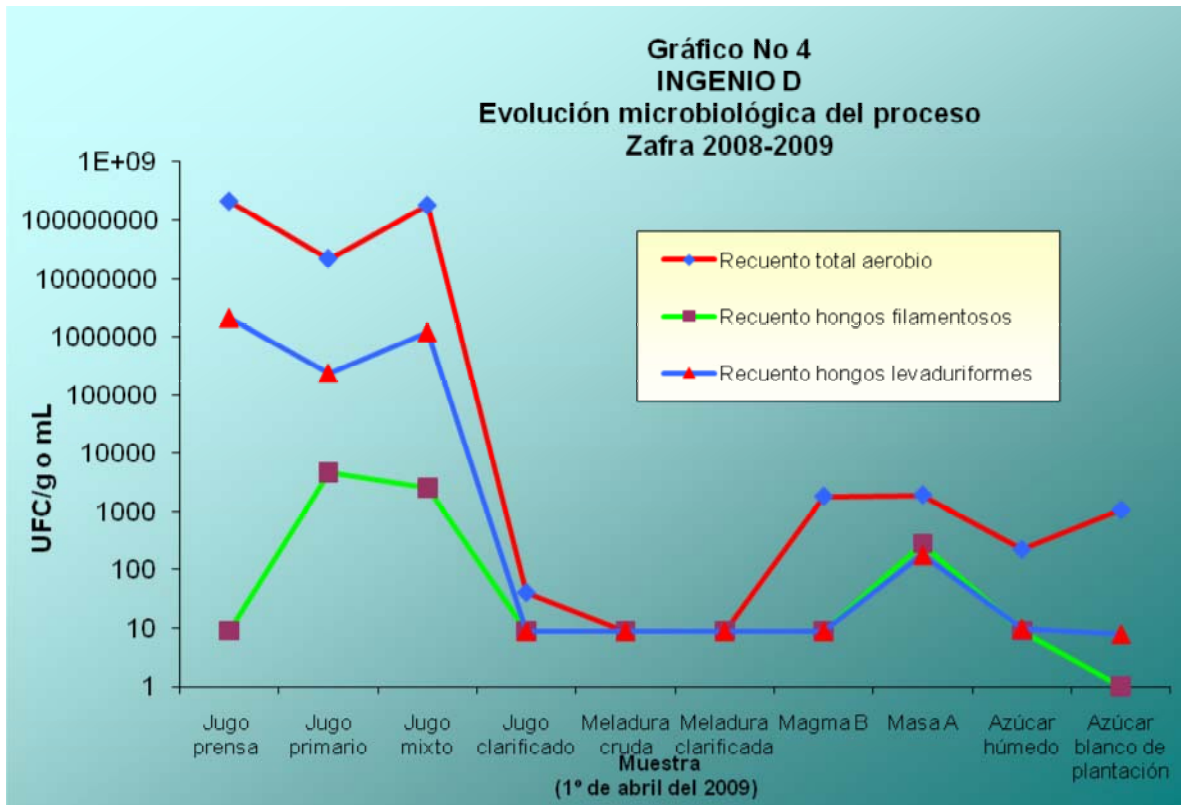
RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

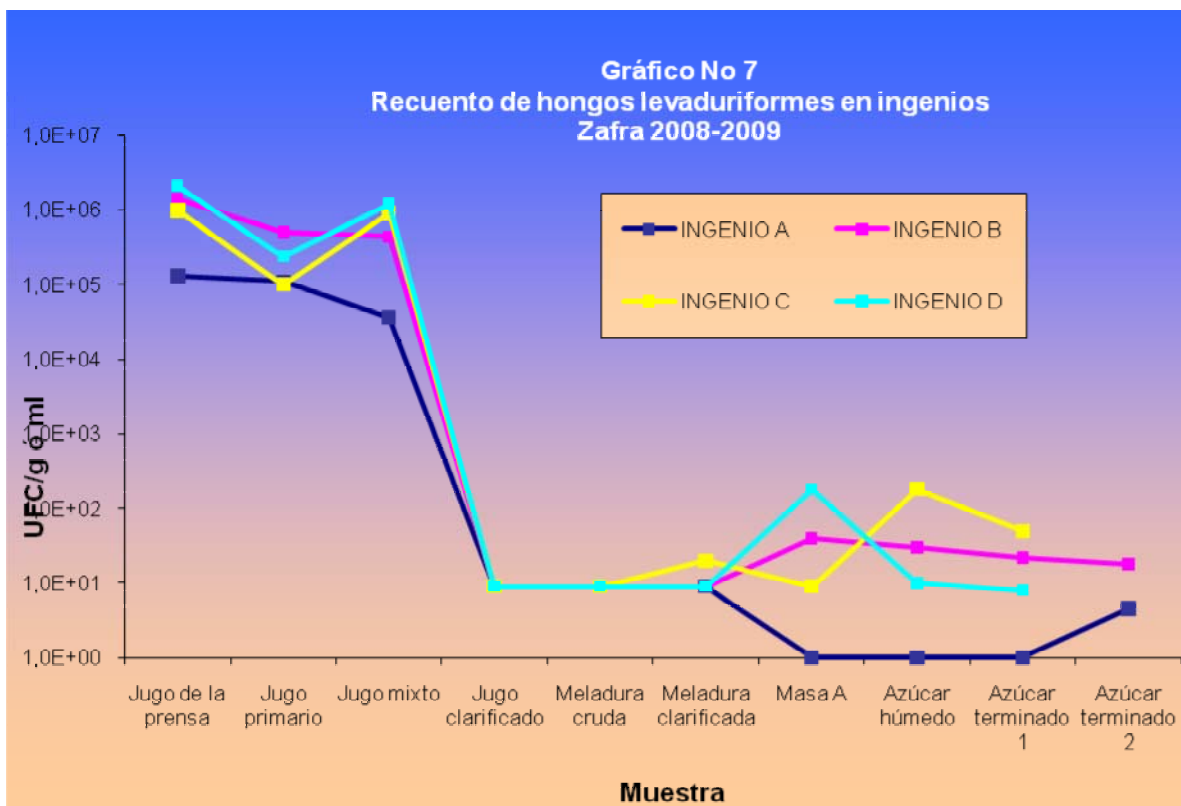
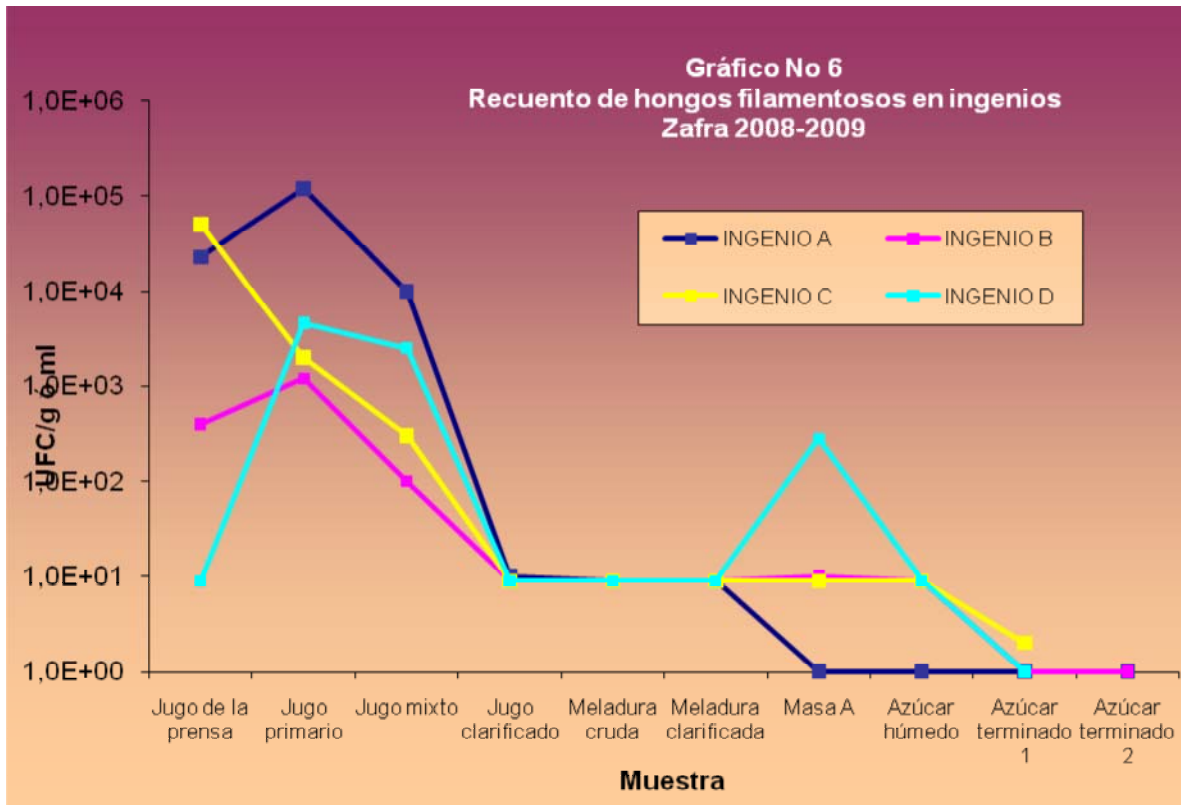
En los Gráficos No 1, 2, 3 y 4 se exponen los resultados de los análisis microbiológicos de los jugos, productos intermedios y azúcar como producto final para los cuatro ingenios, A, B, C y D durante la zafra 2008-2009. Analizando estos gráficos se aprecia que la presencia de bacterias mesofílicas, correspondientes al recuento total aerobio es mayor que los recuentos de hongos levaduriformes y hongos filamentosos en todos los casos. Esto coincide con lo reportado en la literatura (3) en donde se anota que las bacterias constituyen los integrantes de más peso en la microflora relacionada con la industria azucarera, y que las levaduras y los hongos se encuentran en menor cantidad. Se puede observar que

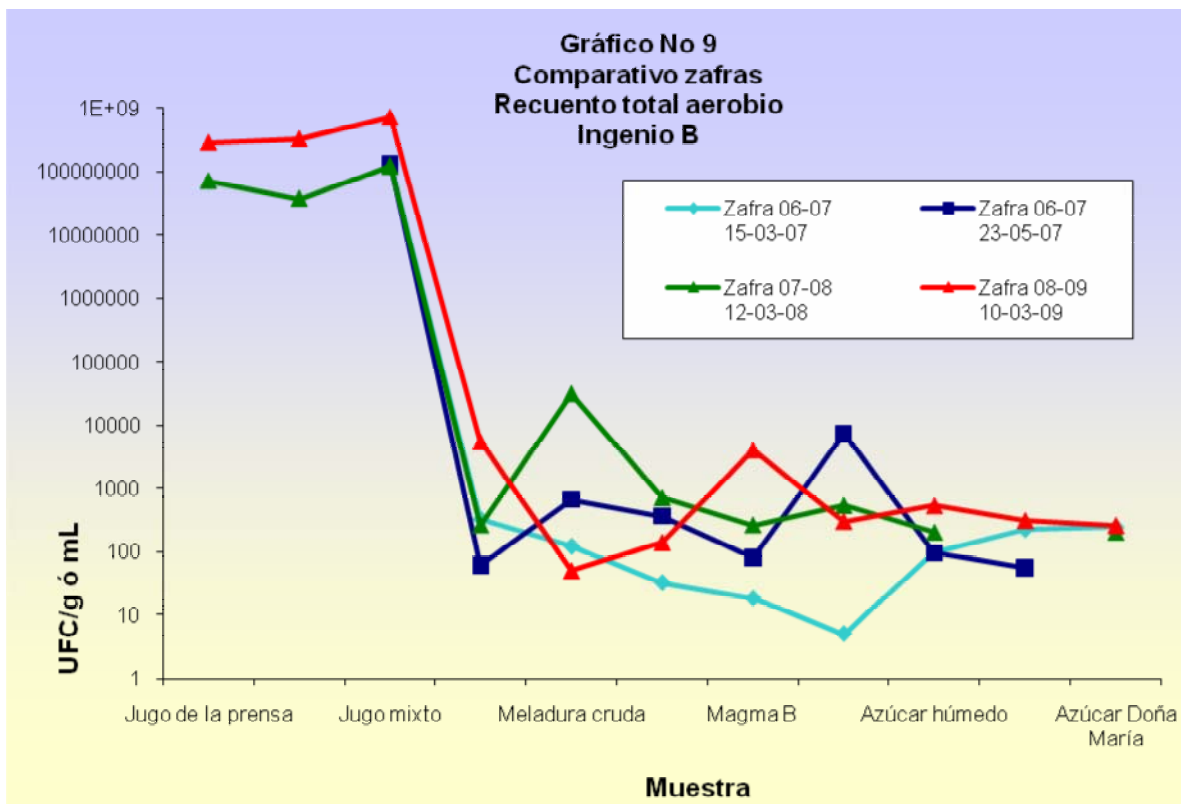
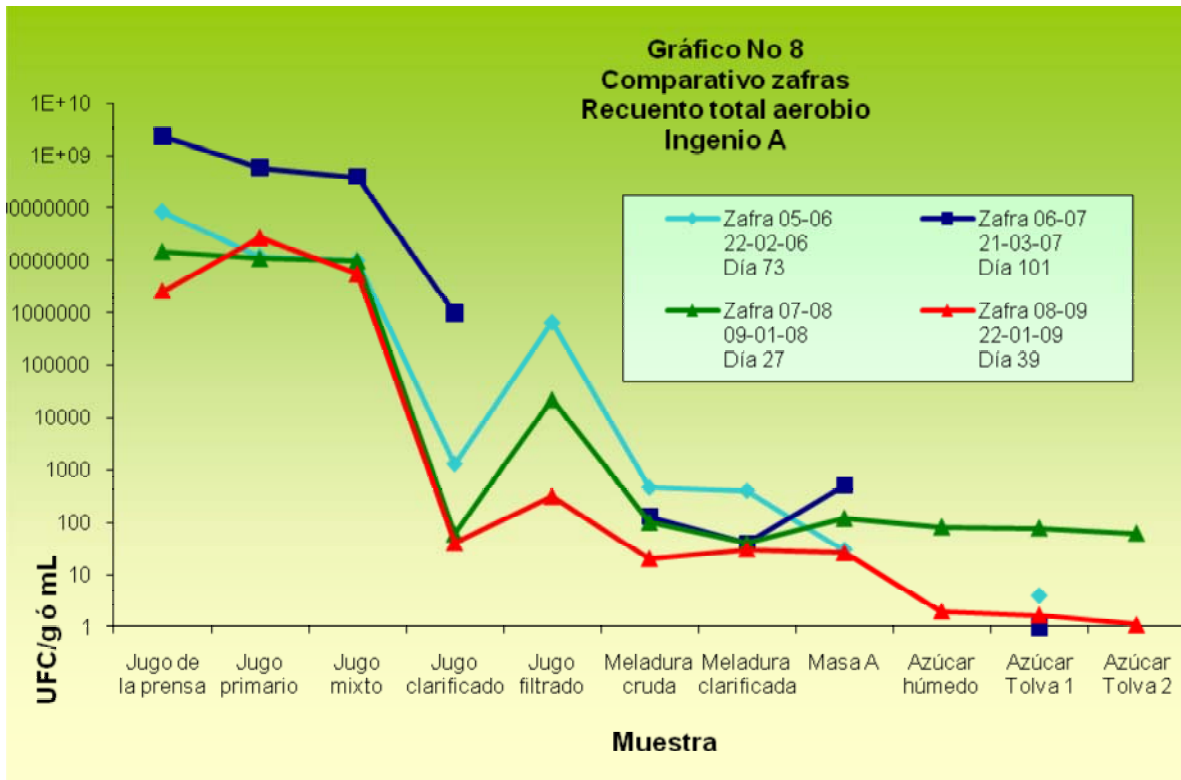
excepto para el Ingenio A, en los demás ingenios se produce un incremento en la carga de microorganismos, sobretodo en la correspondiente a las bacterias mesofilicas (recuento total aerobio) durante las etapas posteriores a la clarificación de la meladura, lo que es debido a que en estos ingenios aun se cuenta con tanques y sistemas de transporte de los productos intermedios expuestos a la interperie, mientras que el Ingenio A mantiene estos equipos cerrados. Esta situación se puede apreciar más claramente observando los Gráficos No 5, 6 y 7 en donde se presentan los resultados comparando los cuatro ingenios para los recuentos totales aerobios, de hongos filamentosos y hongos levaduriformes respectivamente.

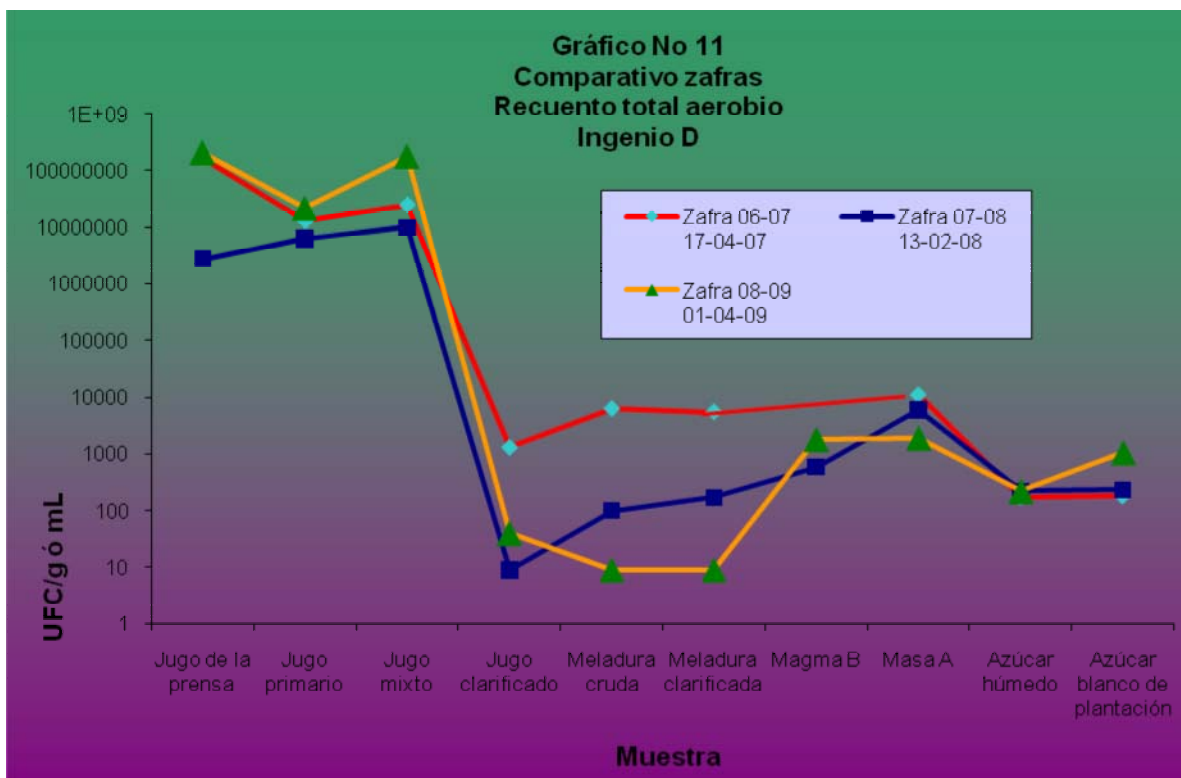
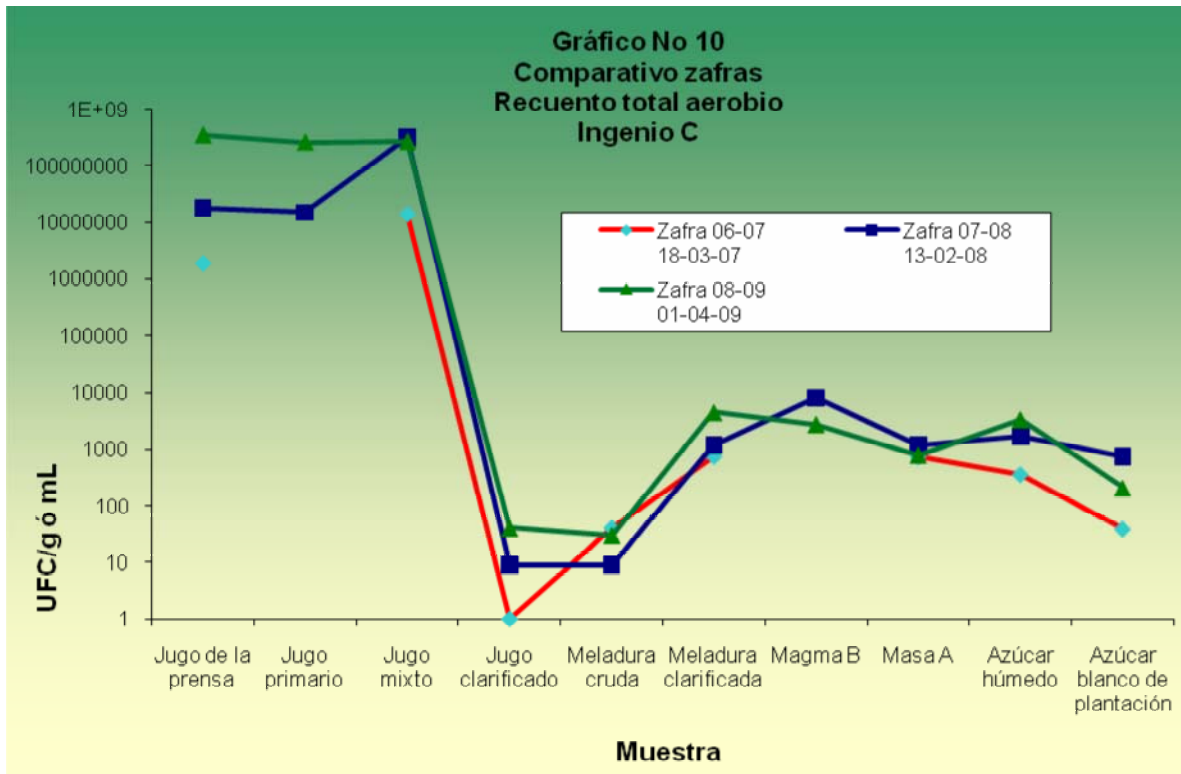












En los Gráficos No 8, 9, 10 y 11 se observa los resultados del recuento total aerobio en los cuatro ingenios respectivamente para diferentes zafras desde que se implementó la realización de estos análisis en cada uno de ellos. En el Gráfico No 8 se pueden observar los resultados del Ingenio A de las últimas cuatro zafras en donde se aprecia cómo hay una disminución significativa en la carga de bacterias mesofílicas para la última zafra. Es importante anotar que dependiendo del día zafra en que se realice el muestreo, así la carga de microorganismos podría variar, tendiendo a aumentar conforme la zafra avanza, situación que no debería ser aceptable, sino que la carga de microorganismos siempre debe tender hacia la disminución o a mantenerse en niveles aceptables que no induzcan hacia la contaminación en el proceso. Los ingenios C y D, muestran un comportamiento muy similar durante las tres zafras que han sido objeto de estudio. A raíz de la presentación de estos resultados, en el Ingenio B, se ha tomado la decisión de mejorar el proceso de clarificación del jugo; debido a que las temperaturas que se alcanzan en esta etapa del proceso debieran bajar considerablemente la carga de microorganismos (casi a 0 UFC), situación que no se dio en este ingenio. En los ingenios B, C y D, también se debe tomar la decisión de tapar los tanques y sistemas de transporte de los productos intermedios (magmas y masas), para bajar los niveles de contaminación en estas etapas del proceso.

Cuadro 2

Incidencia de microorganismos patógenos en el azúcar terminado en los ingenios para las zafras 2007-2008 y 2008-2009

Ingenio \ Patógeno	A	B	C	D
Coliformes totales / g	Menos de 3	Menos de 3	Menos de 3	Menos de 3
Coliformes fecales / g	Menos de 3	Menos de 3	Menos de 3	Menos de 3
<i>Escherichia coli</i> / g	Menos de 3	Menos de 3	Menos de 3	Menos de 3
<i>Enterobacteriaceae</i> en 25 g	Negativa	Negativa	Negativa	Negativa
<i>Salmonella</i> en 25 g	Negativa	Negativa	Negativa	Negativa
<i>Listeria</i> en 25 g	Negativa	Negativa	Negativa	Negativa

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de los análisis microbiológicos correspondientes a la presencia de microorganismos patógenos (causantes de enfermedades) en el azúcar como producto terminado. Se aprecia que no hay presencia de ningún patógeno y que la detección de coliformes, tanto totales como fecales y *Escherichia coli* son indicadores de que las muestras de azúcar son inocuas y no representan por lo tanto ningún peligro para la salud del consumidor, cumpliendo así las normas regulatorias y de los clientes (4). Estos resultados de análisis de coliformes, *Escherichia coli*, son en general indicadores de no presencia de microorganismos patógenos en las muestras analizadas.

La calidad microbiológica del agua de lavado en las centrifugas, es un factor determinante en el resultado de la carga microbiana en el azúcar como producto final. En todos los casos referidos a este trabajo, el agua utilizada en las centrifugas es agua de condensados, que alcanza **temperaturas mayores a 90°C**. Los resultados de los análisis microbiológicos de esta agua se muestran en el Cuadro 3. Como se puede apreciar en para los cuatro ingenios los resultados demuestran que el agua es calidad potable desde el punto de vista

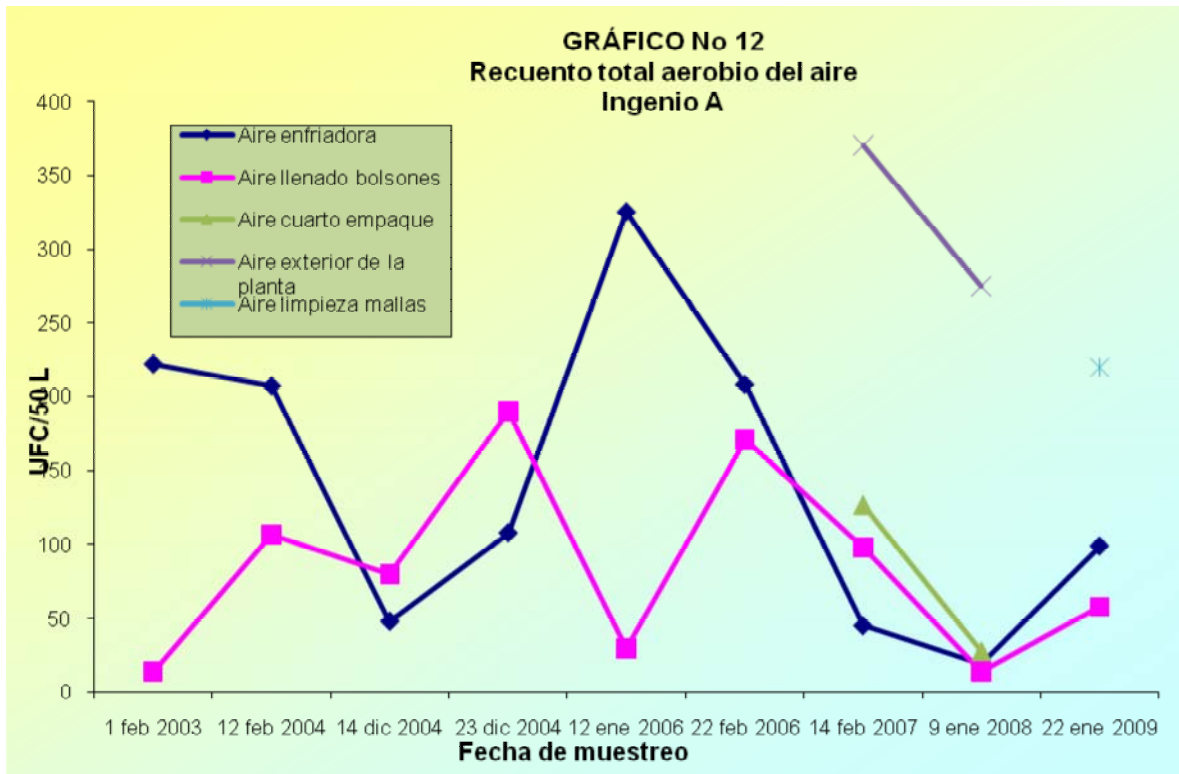
Tecnólogos de Alimentos. Consultoras en la implementación de sistemas de la calidad (BPM y HACCP), especializadas en la industria azucarera.

microbiológico. En el ingenio D, se obtuvo un resultado de 300 UFC/mL para el recuento total, valor que se relacionó con el resultado del recuento total aerobio en el azúcar final, el cual fue de 1050 UFC/10 g, sobrepasando la especificación del cliente.

Cuadro 3

Resultados de análisis microbiológicos en muestras de agua de lavado en las centrifugas zafra 2008-2009

Análisis	Ingenio	A	B	C	D
Recuento total aerobio (UFC/mL)		Menos de 1	Menos de 1	Menos de 1	300
Recuento de hongos filamentosos (UFC/mL)		Menos de 1	Menos de 1	Menos de 1	Menos de 1
Recuento de hongos levaduriformes UFC/mL)		Menos de 1	Menos de 1	Menos de 1	Menos de 1
Número más probable de coliformes totales (/100mL)		Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Número más probable de coliformes fecales (/100mL)		Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Número más probable de <i>Escherichia coli</i> (/100mL)		Ausente	Ausente	Ausente	Ausente



En el Gráfico No 12 se aprecia la calidad microbiológica del aire tomado en varios puntos del proceso en el Ingenio A en lo que respecta al recuento total aerobio. Los dos puntos de muestreo que han sido consistentemente tomados son el aire dentro de la enfriadora y el aire de llenado de los bolsones en donde se empaqueta el azúcar en presentación de 1000 Kg, desde la zafra 2002-2003 a la zafra 2008-2009. No existen datos en la literatura que indiquen los valores aceptables para esta medición; sin embargo si se observa el comportamiento, se puede apreciar que para el aire de llenado de los bolsones este dato oscila desde 14 a 190 UFC/50 L, lográndose mantener en menos de 100 durante las tres últimas zafras. Para el caso del aire de la enfriadora, el recuento total aerobio ha alcanzado valores de 19 a 325 UFC/50L, lográndose de igual forma mantener en valores menores a 100 durante las tres últimas zafras.

CONCLUSIONES:

1. Los resultados de los análisis microbiológicos que se realizan en una industria azucarera son una herramienta de gran ayuda para medir y controlar la aplicación de buenas prácticas de manufactura relacionadas con la infraestructura, equipos, personal, procedimientos de operación y de saneamiento (POEs y POES).
2. El análisis microbiológico sistemático en los ingenios podría utilizarse como indicador de eficiencia de los procesos y para controlar las pérdidas de sacarosa por acción de los microorganismos presentes en la caña y, consecuentemente, en los jugos y demás productos intermedios en el proceso de extracción de la sacarosa de la caña de azúcar.
3. Es muy poca la información existente en esta materia por lo que es recomendable que este tipo de pruebas se realice en otros ingenios para contar con más datos y de esta forma tener parámetros de comparación por regiones, tipos de ingenios, etc.

REFERENCIAS:

1. APHA. 2001. "Compendium of Methods for Microbiological Examination of Foods". 4th ed., Franzes Pouch Downes and Keith Ito. American Public Health Association.
2. CHEN, J.1999. Aspectos microbiológicos de la manufactura y la refinación de azúcar, p: 545-564. En Manual del azúcar de caña. México, Limusa.
3. DUARTE, E. et al. 1982. Análisis microbiológicos de productos azucareros. La Habana, Editorial Científico Técnica. 28 p.
4. LAICA. 2008. Fichas Técnicas para Ingenios. Azúcar blanco de plantación. EP-002.

5. MONROY, E. Curso: El control de la calidad microbiológica en el proceso azucarero. Guatemala. Consultado 23 de agosto del 2009. Disponible en: http://grupos.emagister.com/documento/control_de_calidad_microbiologico_azucarero_/1036-1835.
6. Norma oficial para azúcares 1987 y 1993 (Decretos .No 17584-MEIC, No 19652-MEIC, No 21982).
7. RODRÍGUEZ, T. 2006. Análisis microbiológico aplicado a la industria azucarera. *In: XVI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centro América y XVI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. Tomo II. San José, Costa Rica.*
8. Standard method for the examination of water and wastewater. 2005. 21st Edition.

AGRADECIMIENTO:

Las autoras agradecen el apoyo brindado por los colaboradores y gerentes generales e industriales de los cuatro ingenios representados en los resultados expuestos para la realización de este trabajo.