

# **EL USO DE LA TECNOLOGÍA MICROORGANISMOS EFICACES™ (EM) EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL INGENIO AZUCARERO BELIZE SUGAR INDUSTRIES LTDA.**

**AUTOR:** William Usher & Santiago Juan (Belize Agro-Enterprise Limited - BAEL)<sup>1</sup>

## **RESUMEN:**

El uso de la tecnología EM™ para el manejo del sistema de tratamiento de aguas de Belize Sugar Industry (BSI) es un mecanismo de ahorro efectivo para el ingenio azucarero. Después de 4.5 - 6 meses de manejo con EM el sistema generó un ahorro entre 37% y 50.6 %. De igual importancia es la reducción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) que de un promedio de entrada de 13,579 ppm (mg/l) se logró promedio de salida de 2,036 ppm (mg/l); durante el mismo período. Esta reducción representa un 83% de purificación en comparación con los años previos de 75% utilizando el sistema de inyección con oxígeno. El olor fue completamente controlado, se redujo significativamente la población de moscas y un aumento visible de la población de aves fueron otros resultados positivos con el uso de la tecnología de EM™ en el sistema de tratamiento de aguas de BSI.

**Palabras claves:** Microorganismos efectivos™, EM, EMA, EME, Belize Sugar Industries Ltd (BSI), tratamiento de agua, DQO, DBO

---

<sup>1</sup> Belize Agro-Enterprise Ltd. (BAEL) es una compañía privada con fines de lucro que ofrece servicios ambientales y agrícolas hacia una tecnología amigable al ambiente, sostenible para la producción agrícola y en el manejo de desechos sólidos y líquidos. Su objetivo es el de proveer servicios tecnológicamente innovadores y de bajos costos en el área agrícola y el medio ambiente. BAEL es el representante oficial de la organización 'Effective Microorganism Research Organization' (EMRO) en Belice. EMRO es una Organización Japonesa que investiga y difunde en el mundo el uso de la tecnología Microorganismos Efectivos (EM) en la producción sostenible agrícola y el manejo sostenible de desechos sólidos y líquidos.

## INTRODUCCIÓN:

BAEL fue contratado por la empresa Belize Sugar Industry (BSI) para utilizar la Tecnología EM en el tratamiento de aguas residuales debido a que el sistema de inyección de oxígeno no cumplía con los parámetros fisicoquímicos exigidos por el departamento del medio ambiente.

La norma de las autoridades Beliceñas establece como límite máximo para el vertimiento de aguas residuales una DBO de 50 mg/l y para DQO 200 mg/l, los cuales no se estaban cumpliendo.

Se conoce que una actividad biológica óptima en un sistema de tratamiento de aguas residuales debe generar una relación DBO/DQO entre 0.5 – 0.6 en el efluente final.

De otra parte el tiempo de retención estimado era de 117 días, adecuado para que por medio de la actividad biológica lograr la reducción de la DBO al nivel exigido por la autoridad ambiental. Sin embargo, al iniciar el proceso se determinó que realmente el tiempo de retención eran 30 días, por lo que se calcula que cerca del 75% de la capacidad del sistema se había perdido por sedimentación, algo muy probable por los altos niveles de DBO y DQO presentes al inicio del proyecto.

Flujo de los residuales del Ingenio BSI:

Planta Procesadora → Piscina Búfer → Piscinas de tratamiento (Piscina 1→ Piscina 2→ Piscina 3→ Piscina 4) → Piscina de enfriamiento → Crique Natural

**Los objetivos** para el uso de EM en el sistema de tratamiento de aguas residuales de BSI fueron los siguientes:

1. Reducir el costo de la energía eléctrica empleada en la operación de los aireadores superficiales utilizados para controlar olores ofensivos generados en las piscinas de tratamiento.

2. Mantener control de los olores causados por gases como sulfuro de hidrogeno y amoniaco dentro las piscinas de tratamiento.
3. Reducir, DBO, DQO, SOLIDOS y otros parámetros físico-químicos permitiendo verter los efluentes en cuerpos naturales de aguas alrededor de BSI.
4. Proveer un ahorro de costos al reducir el tiempo del tratamiento de los afluentes generados por BSI.

**Materiales y Metodología:**

Se aplico al sistema EM-E (Microorganismos Eficaces Extendidos). El procedimiento se logra por fermentación de EM-1 con el cual se obtiene EM-A (EM – Activado) y el EM-A nuevamente se fermenta y se obtiene el EM-E (EM-Extendido) el cual se aplica de inmediato.

**Cuadro 1.**

**Aplicación de EM-E durante 36 Semanas**

<b>Periodos de Aplicación</b>	<b>Aplicaciones de EM-E recomendado</b>	<b>Aplicación actual de EM-E</b>
<b>A) Inoculación</b>	14,000 L	11,000 L
<b>B) Semana 1 a 12</b>	12,640 L/Sem	12,959L/Sem
<b>C) Semana 13 – 36 (24 Semanas)</b>	12,640 L/Sem	12,640 L/Sem
<b>TOTAL</b>	<b>469,040 L</b>	<b>469,860 L</b>

## Resultados y Discusiones:

El cuadro 2 muestra un promedio de demanda química de oxígeno (DQO) que entro y salió del sistema de tratamiento de aguas residuales. La DQO máxima entrando en la piscina 1 durante el período de ejecución del 62,170 ppm mientras lo que salió de la piscina 4 fue de 4,500ppm. Este fue igual o menos al DQO promedio de los años previo. En promedio, durante el período corriente, el DQO fue 50% menos como se puede ver en el cuadro 2. El DQO mínimo saliendo de la piscina 4 semanalmente fue de 355 ppm.

**Cuadro 2.**

**Promedio DQO (ppm) entrada y salida en el sistema de tratamiento de aguas de BSI durante la aplicación de EM™ en el período de Diciembre 2008 – Abril 2009**

<b>Niveles de DQO</b>	<b>Entrada Piscina 1</b>	<b>Salida Piscina 4</b>
Mínimo	1500	355
Promedio	13579	2036
Máximo	62170	4500
Dev Est	10261	1394
<b>No. de muestras</b>	44	63

El cuadro 3 muestra un promedio de cambios de DQO por mes durante el período con la aplicación de EM. Se puede apreciar que después de la aplicación inicial había una tendencia de aumento de los niveles de DQO entrando al sistema. Los niveles de salida en la piscina 4 sin embargo tenían un promedio de 83% de reducción de la DQO. Inicialmente hubo disminución en los niveles de purificación pero desde marzo 2009 los niveles de purificación se mantienen constantes y por arriba de 80%, un resultado muy apreciado por BSI.

### Cuadro 3.

#### Promedio mensual de los cambios de DQO (ppm) en las piscinas durante la aplicación de EM™ Diciembre 2008 – Mayo 2009

Tiempo →	Dic 08	Ene 09	Feb 09	Mar 09	Abr 09	May 09	Promedio
Piscina 1 Entrada	6,105	11,575	14,350	19,001	14,643	13,516	13,198
Piscina 4 Salida	581	2430	3076	3070	2356	2393	2,318
Purificación (%)	90.48	79.01	78.56	83.84	83.91	82.30	83.01

El cuadro 4 compara los niveles de entrada y salida de las DQO del sistema de tratamiento de aguas de BSI y los niveles respectivos de purificaciones durante cuatro años sucesivos utilizando la metodología de inyección de oxígeno. Este fue comparado con el sistema de manejo con EM. Se puede apreciar en solamente 6 meses que la Tecnología EM™ es más eficiente en su habilidad de purificar la DQO (83% Tecnología EM™ vs. 75% Sistema de inyección de oxígeno)

### Cuadro 4.

#### Purificación Anual de DQO dentro las piscinas de BSI durante la aplicación con EM™ Diciembre 2008 – Mayo 2009

Tiempo →	2005	2006	2007	2008	2009 (Mayo)
Piscina 1 Entrada	15,669	19,946	28,800	26,826	13,198
Piscina 4 Salida	3,841	4,837	7,135	6,877	2,318
Purificación (%)	75.49	75.75	75.23	74.36	83.01

## CONCLUSIONES:

El cuadro 5 compara los costos del año 2008 cuando se utilizaba la inyección de oxígeno, con el año 2009 aplicando la Tecnología EM™. Se obtuvo un ahorro en costos del 50.6% con la Tecnología EM™.

**Cuadro 5.**  
**Ahorro proyectado utilizando la Tecnología EM™**

Componentes	Gastos Anuales de Tratamiento de las Piscinas (Bze \$)		Ahorro Proyectado (Bze \$)
	2008	2009	2009
Mantenimiento de bombas de aire	36,685.00	0	100%
Labor	30,142.00	0	100%
Uso de energía	72,273.12	0	100%
Otros	7,900.00	20,504.58	+12,604.58
EM	0	48,250.71	+48,250.71
<b>Costo Total/Ahorro por el proyecto</b>	<b>139,100.12</b>	<b>68,755.29</b>	<b>50.6%</b>

**Note:** Bze\$ 2: US\$ 1

Otros resultados con la tecnología EM™ en el sistema de tratamiento de agua de BSI hasta Mayo son los siguientes:

- Control total de olores nocivos.
- Reducción significativa de la población de moscas.
- Eliminación por completo de las bombas de aire por tanto:
  - ✓ Eliminación de los costos de mantenimiento.

- ✓ Eliminación de los costos de energía.
- Reducción significativa del costo de labor en el manejo de las piscinas.
- Aumento en la población de aves en el área de las piscinas

### **Bibliografía:**

**Kojima, K.** Undated. Técnica Guide: El Uso de la Tecnología EM (Microorganismos Eficaces). Unpublished document.

**Usher, W.** 2007. Final Technical Report: Management of Citrus Product of Belize Limited Wastewater Ponds using Effective Microorganism™ Technology. Belize Agro-enterprise Ltd (BAEL).

## Anexo

### Cuadro 1

#### Características del sistema de tratamiento de aguas –BSI (2007-2008)

Características	Piscinas de Tratamiento	Estándares de EPA de Azúcar de Belice
Volumen Total de las Piscinas:	48,262 m <sup>3</sup> o 48,261,971 L	
*DOB entrando por mes:	10,929 mg/L	
DOB saliendo por mes:	4,584.7 mg/L	< 50mg/L
DQO entrando por mes:	20,000 mg/L	
DQO saliendo por mes:	6,877 mg/L	< 200mg/L
pH entrando por mes:	4.09 (n) - 4.36 (s)	
pH saliendo por mes:	N/A	6 - 9
Fosfatos entrando por mes:	N/A	
Fosfatos saliendo por mes:	N/A	< 5mg/L
Nitratos entrando por mes:	N/A	
Nitratos saliendo por mes:	N/A	<10mg/L
Sulfatos entrando por mes:	N/A	
Sulfatos saliendo por mes:	N/A	<200mg/L
Caudal Diario:	98,097 gl/ día o 371,297.1 L/día	
Tiempo de retención (Estimado por BSI – Jornada 2007-2008):	30 días	

**Note:** \*-DBO fue calculado usando el factor de conversión de 1.83 en referencia de los datos históricos del ratio DQO: DBO como no existía los datos para la jornada del año 2007-2008.