

**Efecto de los Microorganismos Eficientes
(ME) en las Aguas Residuales de la Granja
Porcina de Zamorano, Honduras**

René Manuel Toc Aguilar

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2012

ZAMORANO
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Efecto de los Microorganismos Eficientes (ME) en las Aguas Residuales de la Granja Porcina de Zamorano, Honduras

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por:

René Manuel Toc Aguilar

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2012

Efecto de los Microorganismos Eficientes (ME) en las Aguas Residuales de la Granja Porcina de Zamorano, Honduras

Presentado por:

René Manuel Toc Aguilar

Aprobado:

Rogel Castillo, M.Sc.
Asesor principal

Abel Gernat, Ph.D.
Director
Departamento de Ciencia y Producción
Agropecuaria.

Rogelio Trabanino, M.Sc.
Asesor

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

RESUMEN

Toc Aguilar, R.M. 2012. Efecto de los Microorganismos Eficientes (ME) en las Aguas Residuales de la Granja Porcina de Zamorano, Honduras. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 16 p.

Los microorganismos eficientes (ME) es la mezcla de bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación que descomponen la materia orgánica incluida en las aguas residuales, ayudando a disminuir la contaminación al medio ambiente. El experimento se realizó entre junio y agosto de 2012 en la Granja Porcina de la Escuela Agrícola Panamericana. Se utilizaron tres tratamientos: ME comerciales, ME producidos en Zamorano y un control sin tratamiento, con 4 unidades experimentales (recipientes plásticos con 113 L de agua residual) en cada tratamiento. Se analizó la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos totales (ST). Hubo una reducción significativa ($P \leq 0.05$) en las tres variables al adicionar los microorganismos eficientes (ME), observando la mayor reducción al utilizar los ME comercial sobre la DBO y DQO; para los ST no hubo diferencia entre los ME comerciales o los producidos en Zamorano ($P \leq 0.05$).

Palabras clave: Demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos totales.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIONES	12
5. RECOMENDACIONES	13
6. LITERATURA CITADA.....	14

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Reducción de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) de las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano.	6
2. Reducción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) de las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano.	7
3. Reducción de la Sólidos Totales (ST) de las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano.	7
4. Tasa marginal de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) al aplicar Microorganismos Eficientes producidos en Zamorano a aguas residuales de la granja porcina de Zamorano.	8
5. Tasa marginal de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) al aplicar Microorganismos Eficientes de un producto comercial a aguas residuales de la granja porcina de Zamorano.	9
6. Tasa marginal de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) al aplicar Microorganismos Eficientes producidos en Zamorano a aguas residuales de la granja porcina de Zamorano.	9
7. Tasa marginal de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) al aplicar Microorganismos Eficientes de un producto comercial a aguas residuales de la granja porcina de Zamorano.	10
8. Tasa marginal en los Sólidos Totales (ST) al aplicar Microorganismos Eficientes producidos en Zamorano a las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano. .	10
9. Tasa marginal en los Sólidos Totales (ST) al aplicar Microorganismos Eficientes de un producto comercial a aguas residuales de la granja porcina de Zamorano.	11
Anexos	Página
1. Escala de clasificación de la calidad del agua, con base en la demanda biológica de oxígeno (DBO)	16
2. Escala de clasificación de la calidad de agua, con base en la demanda química de oxígeno (DQO)	16

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción pecuaria están causando contaminación al medio ambiente a nivel de la destrucción de la vegetación, además las excretas y residuos de los cerdos, diseminan enfermedades (FAO 2001). El confinamiento de la producción porcina ha intensificado la producción, concentrando una gran cantidad de animales en un área reducida, lo que está originando problemas como malos olores, el manejo de desechos sólidos, contaminación de agua, proliferación de moscas, entre otros (Diaz 2007).

Para solucionar estos problemas, se puede practicar la digestión aeróbica donde parece atractivo desde el punto de vista de recuperación de energía y control de la contaminación. Dentro de las ventajas esta la estabilización de la materia orgánica, la reducción de olor y producción de gas metano útil (Universidad de Kasetsart s.f). Además se pueden incorporar lagunas de oxidación, separador de sólidos, producción de bocashi y los microorganismos eficientes.

La tecnología de los microorganismos eficientes (ME), desarrollados por el Dr. Teruo Higas de la universidad de Ryukus de Okinawa, Japón, cuyo efecto potencializado consiste en la mezcla de varios microorganismos naturales de tipo beneficioso, existiendo cuatro tipos principales: bacterias fototrópicas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación (Microbiología general 2009)

El desarrollo de los microorganismos está ligado íntimamente a las condiciones ambientales, en particular con la temperatura, pH y oxígeno. Cada microorganismo tiene una temperatura máxima, por encima no existe su crecimiento; una mínima, por debajo no es posible su proliferación. Cada organismo tiene un límite de pH, donde hace posible su crecimiento, la mayoría está entre un pH de 5 a 9, un grupo mínimo inferior a 2 y superior a 10. El oxígeno no ocasiona muerte en los microorganismos anaeróbicos, sino inhiben su crecimiento (Perez y Ramirez 2008). Los microorganismos se reproducen con rapidez, un solo microorganismo en un plazo de un día puede dar origen a millones de microorganismos iguales a él, dependiendo de la disponibilidad de nutrientes (Alonso 2011).

Para la oxidación aeróbica se necesita de microorganismos aeróbicos y se compone de los siguientes pasos: la hidrólisis, actúan las bacterias hidrolíticas, segregando enzimas que hidrolizan los polímeros orgánicos; acidogénesis o fermentación, formando gases en promedio 80% de CO₂, 20% de H₂ y algo de amoníaco NH₃; acetogénesis, conversión de los ácidos y alcoholes carboxílicos a hidrógeno, bióxido de carbono y ácido acético; y metanogénesis, actúan los microorganismos metanogénicos catalizando el ácido acético, transformándolo a metano CH₄ (ITAR s.f.).

Los microorganismos son las primeras y más primitivas formas de vida en nuestro planeta, que crecían y desarrollaban en el medio. Este tipo de vida no se hizo evidente hasta que Anton van Leeuwenhoek en 1,676 utilizando una lente de aumento elaborada por él mismo, descubrió los microbios. La limpieza de las aguas residuales implica operaciones de sedimentación y filtración, el proceso de tratamiento es de mucha importancia, por eso hay que entender los mecanismos de los microorganismos, quienes son los que realizan la parte básica de este proceso (ITAR s.f.).

Los objetivos del estudio fueron evaluar el efecto de los microorganismos eficientes (ME) en el tratamiento de las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano sobre la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Totales (ST).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó entre junio y agosto de 2012 en la Granja Porcina de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano a 32 km de Tegucigalpa, Honduras, ubicado a 14° latitud norte y 87° longitud oeste, con una precipitación de 1100 mm por año, una temperatura promedio de 23 °C en estos tres meses y una altura de 800 msnm.

Alojamiento. Las unidades experimentales consistían en recipientes conteniendo 113 L de agua residual de la granja porcina, a la que se agregó los Microorganismos Eficientes (ME) ya activados. Se situaron bajo una galera donde está ubicado el separador de desechos sólidos de la unidad de porcinos. Colocando 4 unidades experimentales con los ME de un producto comercial; 4 unidades experimentales con los ME producido en zamorano y 4 unidades experimentales de un control sin microorganismos.

Tratamientos. Los tratamientos fueron:

T1: 113 L desechos sólidos con 113 mL ME comercial.

T2: 113 L desechos sólidos con 113 mL ME producido en Zamorano.

T3: 113 L desechos sólidos sin ME.

Antes de establecer los tratamientos, fue necesario activar los ME, a través del siguiente proceso:

Se utilizó un barril plástico de 208 Litros en el cual se agregó:

- 7.6 L de melaza
- 0.23 kg de carbón mineral
- 11.4 L de solución madre de ME
- 170.3 L de agua

Y se dejó reposar por 7 días. Siendo un total de ME activado 189.25 L, agregando todos los ingredientes mencionados anteriormente.

Posteriormente de la activación, se procedió a preparar los tratamientos, utilizando recipientes de 118 L, agregando 113 L de agua residual obtenida del separador de sólidos y 113 mL de los productos activados de los ME. La dosis aplicada de 113 mL de ME fue proporcionada por la empresa comercializadora, siendo una relación 1:1000, quiere decir utilizando 1 mL de ME por 1000 mL de agua residual.

Variables medidas. Se obtuvieron datos de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos totales (ST).

Para la obtención de estos datos se tomo una muestra mixta con un frasco con volumen de 1 L como representativa de las 12 unidades experimentales y fueron llevados al laboratorio de Análisis Industriales MQ, Tegucigalpa, para obtener el dato de la DBO, DQO y ST inicial. Posteriormente pasados los dos meses de la adición de los tratamientos se tomó otra muestra mixta de 1 L como representativa de las 4 unidades experimentales que compone cada tratamiento, siendo en total 3 muestra que fueron analizados en el laboratorio Análisis Industriales MQ, Tegucigalpa, para obtener el dato de la DBO, DQO y ST final.

La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO). Es una medida de la cantidad de oxígeno consumido en la degradación de la materia orgánica mediante procesos biológicos aerobios (principalmente por bacterias y protozoarios), se utiliza para determinar la contaminación de las aguas. Si el valor es alto, significa que los niveles disueltos serán bajos, porque las bacterias han consumido en gran cantidad de oxígeno. (Sánchez *et al* 2007).

Valor de la DBO. Es un indicador que nos presenta el laboratorio, tomando una muestra de agua, se alimenta con bacteria y nutrientes y se hace una incubación a 20 °C durante 5 días en la oscuridad. El valor de la DBO se determina comparando el valor de oxígeno disuelto (OD) de una muestra de agua tomada inmediatamente con el valor de la muestra incubada descrita anteriormente. La diferencia entre los dos valores OD representa la cantidad de oxígeno requerido para la descomposición de la materia orgánica en la muestra. La DBO se mide en ppm o mg/L (Sánchez *et al* 2007).

La Demanda Química de Oxígeno (DQO). Se relaciona con la cantidad de oxígeno requerida para descomponer químicamente la materia orgánica e inorgánica y es utilizable para medir los contaminantes orgánicos que están en las aguas residuales. (Castillo *et al* 2005).

Valor de la DQO. Para medir es necesario la utilización de poderosos agentes químicos como el dicromato o permanganato de potasio en un medio ácido para que ocurra una oxidación química de las sustancias oxidables que contiene la muestra (Castillo *et al* 2005).

Los Sólidos Totales (ST). Son todos los sólidos totales y se clasifica en sólidos suspendidos y sólidos disueltos o filtrables. Los sólidos en suspensión pueden ser sedimentables y no sedimentables, siendo a la vez orgánica e inorgánica, provienen de actividades domésticas, pecuarias, agrícolas e industriales, son interferencia con la penetración de la luz solar y el movimiento de cuerpos en el agua. Los sólidos suspendidos sedimentables tienen tamaño mayor a 0.001 mm, son aquellos que sedimentan en el fondo de un recipiente y las no sedimentables las que no sedimentan en un recipiente. (Delgadillo *et al* 2010).

Sólidos disueltos o filtrables, son la fracción de materia sólida que pasa por un filtro de 1.2 micras, se clasifican en sólidos coloidales y sólidos disueltos, pueden ser orgánicas e inorgánicas, las coloidales son partículas con medida 0.00001 mm y 0.01 mm. Los sólidos disueltos tienen un tamaño menor a 0.00001 mm, se relaciona con el grado de mineralización del agua ya que son iones de sales minerales que el agua ha disuelto a su paso. (Delgadillo *et al* 2010).

Valor de los ST. Es la materia que se consigue como residuo luego de someter el agua a una temperatura entre 103 °C a 105 °C hasta que se evapore. Los sólidos suspendidos son los que quedan retenidas por un filtro de membrana con un tamaño de poro de 1.2 micras y el resto que pasa son los sólidos disueltos o filtrables. Los sólidos suspendidos sedimentables son los que quedan en el fondo de un recipiente de forma cónica en un tiempo de 60 minutos y los no sedimentables pueden ser retenidos por una barrera física, por ejemplo un filtro, el tamaño de los sólidos no sedimentables son mayores a 0.001 mm. (Delgadillo *et al* 2010).

Análisis financiero. Para calcular el análisis marginal se tomaron los costos de cada uno de los ingredientes que fueron necesarios tanto para la activación de los ME Zamorano y para los ME Comercial, utilizando únicamente para el costo 452 mL de cada uno de los ME activados. También se tomaron como beneficios las reducciones en la DBO, DQO y ST en cada uno de los tratamientos. Para obtener el valor de la tasa de retorno marginal se realizó una división entre reducción marginal y costo marginal por 100, interpretándose que por cada lempira se reduce cierta cantidad de DBO, DQO y ST en mg/L. El análisis se basó en el formato presentado por L. Harrington en 1982 mediante el CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo).

Diseño experimental. Se utilizó un diseño un Diseño Completo al Azar (DCA), con 3 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento, considerando que un recipiente es una unidad experimental. El análisis estadístico se realizó con la prueba Chi-cuadrado (χ^2) utilizando el programa estadístico, Statistical Analysis System (SAS 2009). El nivel de significancia exigido fue de ($P \leq 0.05$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO). Se encontraron diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.05$), determinando la mayor reducción en la DBO al utilizar los ME Comerciales. Al aplicar los ME producidos en Zamorano también se obtuvo una reducción significativa, comparado con el control. Hubo un efecto de reducción de la DBO de un 96% de los ME Zamorano y 98% de reducción de la DBO ocasionada por los ME Comercial a los dos meses después de su aplicación, mientras que un 77% de reducción sin utilizar ningún ME (Cuadro 1).

Cuadro 1. Reducción de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) de las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano.

Tratamiento	DBO (mg/L)			
	Dato Inicial	Dato Final	Reducción	% Reducción
Control	21,573	4,915 a	16,658	77
ME Zamorano	21,573	816 b	20,757	96
MEComercial	21,573	484 c	21,089	98

^{a,b,c} Valores en la misma columna con letras distintas, difieren entre sí ($P \leq 0.05$).

ME = Microorganismos Eficientes.

Estos resultados son similares a los encontrados por López *et al.* (2006) quienes aplicaron los ME en las aguas residuales de la industria azucarera en la elaboración de panela, que redujo un 91 % la DBO. Wisznienski (2006) reporto una reducción del 78% de DBO con la aplicación de ME en Aguas residuales industriales. Los resultados de la reducción de la DBO con ambos tratamientos fueron superiores a los obtenidos por Páez (2011) que obtuvo un 50% de reducción de DBO en aguas residuales lácteas.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Se encontraron diferencias en la DQO ($P \leq 0.05$). Estableciendo una mayor reducción de la DQO al aplicar los ME Comerciales. Al emplear los ME producidos en Zamorano igualmente se obtuvo una reducción significativa, comparado con el control. Se tuvo un efecto de reducción de 96% de los ME Zamorano y 97% de los ME Comercial en la DQO a los dos meses posteriormente de su aplicación, mientras que un 86% de reducción sin utilizar ningún ME (Cuadro 2).

Cuadro 2. Reducción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) de las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano.

Tratamiento	DQO (mg/L)			% Reducción
	Dato Inicial	Dato Final	Reducción	
Control	53,530	7,468 a	46,062	86
ME Zamorano	53,530	2,068 b	51,462	96
ME Comercial	53,530	1,762 c	51,768	97

^{a, b, c} valores en la misma columna con letras distintas, difieren entre sí ($P \leq 0.05$).

ME = Microorganismos Eficientes.

Estos datos son parecidos a los reportados por López *et al.* (2006) quienes aplicaron ME en las aguas residuales de la industria azucarera al producir panela, reduciendo un 93 % la DQO. Wisznienski (2006) reporto una reducción de un 69 % sobre la DQO en aguas residuales industriales. Los datos son mayores en ambos tratamientos a los obtenidos por Páez 2011, que obtuvo un 40% de reducción sobre la DQO en aguas residuales lácteas.

Sólidos Totales (ST). Las diferencias encontradas entre tratamientos fueron significativas ($P \leq 0.05$), reportando la mayor reducción en los ST al utilizar los ME. No se encontraron diferencias en la reducción de los ST entre los dos productos evaluados. Existió efecto de reducción de 92% de los ME Zamorano y 91% de los ME Comercial en los ST pasados dos meses después de su aplicación, así mismo un 78% de reducción sin utilizar ningún ME (Cuadro 3).

Cuadro 3. Reducción de la Sólidos Totales (ST) de las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano.

Tratamiento	ST (mg/L)			% Reducción
	Dato Inicial	Dato Final	Reducción	
Control	30,600	6,710 a	23,890	78
ME Zamorano	30,600	2,550 b	28,050	92
ME Comercial	30,600	2,670 b	27,930	91

^{a, b} valores en la misma columna con letras distintas, difieren entre sí ($P \leq 0.05$).

ME = Microorganismos Eficientes.

Estos resultados son similares a los reportados por López *et al* (2006) quienes aplicaron los ME en las agua residuales de la industria azucarera para producir panela, que redujo un 97 % los ST. Los resultados son superiores a los obtenidos por Páez (2011) que obtuvo un 20% de disminución de los ST en aguas residuales lácteas.

Análisis Financiero. Los resultados del ensayo fueron analizados para determinar que tecnología tanto de los ME Zamorano y ME Comercial resulta con la mayor tasa de

retorno marginal según en la reducción de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos totales (ST).

El Cuadro 4 muestra con relación a la tasa marginal de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), aplicando los ME Zamorano, donde se demuestra que hubo una reducción marginal de 4,099 (mg/L), con un costo marginal de L. 2.78, significando que por L.2.78 de inversión obtenemos una reducción marginal de 4,099 (mg/L). Con respecto a la tasa marginal de 147,590%, significa que por cada lempira invertido se reduce 1,475.4 (mg/L) de la DBO en las aguas residuales porcinas de Zamorano, aplicando los ME Zamorano.

Cuadro 4. Tasa marginal de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) al aplicar Microorganismos Eficientes producidos en Zamorano a aguas residuales de la granja porcina de Zamorano

Reducción ME Zamorano	20,757 (mg/L)
(-) Reducción Sin Aplicación ME	16,658 (mg/L)
Reducción marginal (adicional)	4,099 (mg/L)
Costo ME Zamorano	L. 2.78
(-) Sin Aplicación ME	L. 0.00
Costos marginales (adicionales)	L. 2.78
Tasa Marginal	147,590%

ME = microorganismos eficientes

El Cuadro 5 muestra al calcular la tasa marginal de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) con la aplicación de los ME Comercial, donde se demuestra que hubo una reducción marginal de 4,431 (mg/L), un costo marginal de L. 5.47, interpretando que por la inversión de L. 5.47 tenemos una reducción de 4,431 (mg/L). La tasa marginal fue de 80,944%, significa que por cada lempira invertido se reduce 809.44 (mg/L) de la DBO en las aguas residuales de la granja porcina Zamorano, aplicando los ME Comercial.

Cuadro 5. Tasa marginal de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) al aplicar Microorganismos Eficientes de un producto comercial a aguas residuales de la granja porcina de Zamorano.

Reducción ME Comercial	21,089 (mg/L)
(-) Reducción Sin Aplicación ME	16,658 (mg/L)
Reducción marginal (adicional)	4,431 (mg/L)
Costo ME Comercial	L. 5.47
(-) Sin Aplicación ME	L. 0.00
Costos marginales (adicionales)	L. 5.47
Tasa Marginal	80,944%

ME = microorganismos eficientes

El Cuadro 6 muestra al calcular la tasa marginal de la DQO, obtuvimos al aplicar los ME Zamorano, donde se demuestra una reducción marginal de 5,400 (mg/L) y un costo marginal de L. 2.78, interpretando que por L. 2.78 tenemos una reducción de 5,400 (mg/L). La tasa marginal de 194,434%, nos dice que por cada lempira invertido se reduce 1,944.34 (mg/L) de la DQO en las aguas residuales porcina de Zamorano al aplicar los ME Zamorano.

Cuadro 6. Tasa marginal de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) al aplicar Microorganismos Eficientes producidos en Zamorano a aguas residuales de la granja porcina de Zamorano.

Reducción ME Zamorano	51,462 (mg/L)
(-) Sin Aplicación ME	46,062 (mg/L)
Reducción marginal (adicional)	5,400 (mg/L)
Reducción ME Zamorano	L.2.78
(-) Sin Aplicación ME	L. 0.00
Costos marginales (adicionales)	L. 2.78
Tasa Marginal	194,434%

ME = microorganismos eficientes

El Cuadro 7 muestra la tasa marginal de la DQO al aplicar los ME Comercial, donde se demuestra que hubo una reducción marginal de 5,706 (mg/L) y un costo marginal de L. 5.47, interpretando que por L. 5.47 se redujo 5,706 (mg/L). La tasa marginal de 104,235%, significa que por cada lempira se reduce 1,042.35 (mg/L) de la DQO en las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano con la aplicación de los ME Comercial.

Cuadro 7. Tasa marginal de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) al aplicar Microorganismos Eficientes de un producto comercial a aguas residuales de la granja porcina de Zamorano

Reducción ME Comercial	51,768 (mg/L)
(-) Sin Aplicación ME	46,062 (mg/L)
Reducción marginal (adicional)	5,706 (mg/L)
Reducción ME Comercial	L. 5.47
(-) Sin Aplicación ME	L. 0.00
Costos marginales (adicionales)	L. 5.47
Tasa Marginal	104,235%

ME = microorganismos eficientes

El Cuadro 8 nos muestra la tasa marginal en los Sólidos Totales (ST), al aplicar los ME Zamorano, donde se demuestra que hubo reducción marginal de 4,160 (mg/L) y un costo marginal de L. 2.78, interpretando que por L. 2.78 se redujo 4,160 (mg/L) de ST. La tasa marginal es de 149,786%, significa que por cada lempira se reduce 1,497.86 (mg/L) de los ST en las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano al aplicar los ME Zamorano.

Cuadro 8. Tasa marginal en los Sólidos Totales (ST) al aplicar Microorganismos Eficientes producidos en Zamorano a las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano.

Reducción ME Zamorano	28,050 (mg/L)
(-) Sin Aplicación ME	23,890 (mg/L)
Reducción marginal (adicional)	4,160 (mg/L)
Reducción ME Zamorano	L. 2.78
(-) Sin Aplicación ME	L. 0.00
Costos marginales (adicionales)	L. 2.78
Tasa Marginal	149,786%

ME = microorganismos eficientes

El Cuadro 9 muestra la tasa marginal en los ST, aplicando los ME Comercial, donde se demuestra que hubo una reducción marginal de 4,040 (mg/L) y un costo marginal de L. 5.47, indicando que por L. 5.47 se redujo 4,040 (mg/L). La tasa marginal de 73,801%, significa que por cada lempira invertido se reduce 738.01 (mg/L) de los ST en las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano al aplicar los ME Comercial.

Cuadro 9. Tasa marginal en los Sólidos Totales (ST) al aplicar Microorganismos Eficientes de un producto comercial a aguas residuales de la granja porcina de Zamorano.

Reducción ME Comercial	27,930 (mg/L)
(-) Sin Aplicación ME	23,890 (mg/L)
Reducción marginal (adicional)	4,040 (mg/L)
Reducción ME Comercial	L. 5.47
(-) Sin Aplicación ME	L. 0.00
Costos marginales (adicionales)	L. 5.47
Tasa Marginal	73,801%
ME = microorganismos eficientes	

4. CONCLUSIONES

- La adición de Microorganismos Eficaces (ME) en las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano redujo la cantidad de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Totales (ST) a los sesenta días después de su aplicación.
- Se pudo observar una reducción natural de la DBO, DQO y ST en el tratamiento control debido a la posibilidad de acción de los microorganismos eficientes benéficos y microorganismos no benéficos.
- Según el análisis de tasa marginal nos presenta que vale la pena invertir en los ME Zamorano y ME Comercial, siendo mejor alternativa los ME Zamorano.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar una dosis más alta de Microorganismos Eficientes (ME) y adicionarlos a 113 L de aguas residuales de la granja porcina, Zamorano, esperando únicamente un mes de acción de los ME para observar si existe mayor efecto en la reducción en la DBO, DQO y ST.
- Hacer el ensayo en la laguna de oxidación de la granja porcina, Zamorano, probando los ME Zamorano, para validar el efecto de los ME en la descomposición de la Materia orgánica.
- Colocar aireadores en los contenedores para facilitar la producción de Oxígeno.

6. LITERATURA CITADA

Alonso, J. 2011. Como hacer Compost: Guía para amantes de la jardinería y el medio ambiente. Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa. 147 p.

Castillo, F; Roldán, M; Huertas, M; Caballero, F; Luque, M. 2005. Biotecnología Ambiental. Madrid, España, editorial Tébar, S.L. 616 p.

Delgadillo, O; Camacho, A; Perez, L; Andrade, M. 2010. Depuración de aguas residuales por medio de humedales residuales. Cochabamba, Bolivia, editorial Universidad Mayor de San Simón. 99 p.

Diaz, A. 2007. Evaluación de la adición de Microorganismos Eficaces (EM) a la dieta sobre el desempeño de cerdos de 28 a 70 días de edad. Tesis Ing. Agr. Francisco Morazán, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 20 p.

FAO (Organización de las Naciones para la Agricultura y Alimentación). 2001. Los cerdos locales en los sistemas tradicionales de producción. Organización de las Naciones para la Agricultura y Alimentación, Roma, Italia. 191 p.

Harrington, L. 1982. Ejercicios sobre el análisis económico de datos agronómicos, México. CYMMIT, 96p.

ITAR (Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales). s.f. Microbiología en los sistemas de tratamiento de aguas residuales (en línea). Consultado el 9 de junio de 2012. Disponible en <http://www.oocities.org/edrochac/residuales/microbiologia1.pdf>.

López, A; Arteaga, C; Arciniegas, L; Tupaz, J. 2006. Sistemas de tratamiento para aguas residuales industriales de tapiches paneleros. Instituto Departamental de Salud, Coopanela, Linares, Ancuya y Sandoná, Colombia. 40p.

Microbiología general. 2009. Microorganismos Eficientes. Consultado el 9 de junio de 2012. Disponible en <http://microbiologia-general.blogspot.com/2009/05/microorganismos-eficientes.html>.

Paéz, R. 2011. Rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Industria Láctea Proleca Ltda. Cartagena. Cartagena, Colombia, Universidad de Cartagena. 114 p.

Pérez, G; Ramírez, J. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. 2 ed. Bogotá, Colombia, editorial Universidad de Antioquia. 421 p.

Sánchez, Ó; Herzig, M; Peters, E; Márquez, R; Zambrano, L. 2007. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología, San Nicolás de Hidalgo, México. 287 p.

SAS ®. 2009. User's Guide. Statistical Analysis System Inc., Carry, NC, USA. Versión. 9.1.

Universidad de Kasetsart. Application of Effective Microorganisms for Waste Treatment (en línea). Consultado el 9 de junio de 2012. Disponible en http://www.infrc.or.jp/english/KNF_Data_Base_Web/PDF%20KNF%20Conf%20Data/C3-6-095.pdf

Wisznienski, P. 2006. Foro Virtual Riachuelo No. 5. Consultado el 14 de octubre de 2012. Disponible en <http://www.avelaboca.org.ar/sitio/index.php?id=81>

7. ANEXOS

Anexo 1. Escala de clasificación de la calidad del agua, con base en la demanda biológica de oxígeno (DBO)

DBO	Criterio	Descripción
Menor o igual a 3 mg/L	Excelente	No contaminada
Mayor a 3 mg/L y menor o igual a 6 mg/L	Buena calidad	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable.
Mayor de 6 mg/L y menor o igual a 30 mg/L	Aceptable	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.
Mayor de 30 mg/L y menor o igual a 120 mg/L	Contaminada	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas.
Mayor de 120 mg/L	Fuertemente contaminada	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.

Fuente: (Sánchez *et al* 2007). Adaptado por el autor.

Anexo 2. Escala de clasificación de la calidad de agua, con base en la demanda química de oxígeno (DQO)

DQO	Criterio	Descripción
Menor o igual a 10 mg/L	Excelente	No contaminada
Mayor a 10 mg/L y menor o igual a 20 mg/L	Buena calidad	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable.
Mayor de 20 mg/L y menor o igual a 40 mg/L	Aceptable	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.
Mayor de 40 mg/L y menor o igual a 200 mg/L	Contaminada	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.
Mayor de 200 mg/L	Fuertemente contaminada	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.

Fuente: (Sánchez *et al* 2007). Adaptado por el autor.