

**Tratamiento Aguas Residuales Mediante Tecnología de Microorganismos Eficientes –  
Substanzalla, Ica - Perú**

**Wastewater Treatment Using Efficient Microorganisms Technology - Substanzalla, Ica - Peru**

---

Dante Fermín Calderón Huamani  
dafecahu\_1503@hotmail.com - Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica, Perú

Patricia Paulina Huaranca Contreras

huarancap@hotmail.com - Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica, Perú

Juan José Díaz Rodríguez

j.juandiazr@gmail.com - Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica, Perú

**Resumen**

La contaminación de las aguas representa un problema ambiental que requiere con urgencia soluciones sostenibles. El propósito del estudio es analizar el tratamiento de aguas residuales aplicando tecnología de microorganismos eficientes EM®. Desde junio hasta setiembre del 2018 se analizaron las propiedades físico-químicas de las aguas procedentes de la laguna de oxidación ubicada en el distrito de Substanzalla, Ica-Perú. Los parámetros medidos fueron pH, DQO, DBO, dureza total, nitratos, cloruros, color, olor, coliformes totales y coliformes termotolerantes. Se compararon las mediciones efectuadas mediante el diseño antes-después. La adición de microorganismos eficaces EM® en las aguas residuales domésticas de las lagunas de oxidación redujo la cantidad de la demanda química de oxígeno (68,11%), demanda biológica de oxígeno (65,83%), cloruros (28,53%), nitratos (81,87%), dureza total (15,30%), coliformes totales (99,96%), pasado mes y medio desde su aplicación. A partir de estos resultados se concluye que el tratamiento con EM®, a pesar de tener efectos favorables sobre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, no es mejor a otros métodos.

**Palabras claves:** *Tratamiento, Microorganismos eficientes, Agua.*

**Abstract**

Water pollution represents an environmental problem that urgently requires sustainable solutions. The purpose of the study is to analyze the treatment of wastewater using EM® efficient microorganism technology. From June to September 2018, the physico-chemical properties of the waters from the oxidation lagoon located in Substanzalla district, Ica-Peru were analyzed. The parameters measured were pH, COD, BOD, total hardness, nitrates, chlorides, color, odor, total coliforms and thermotolerant coliforms. The measurements made by the before-after design were compared. The addition of effective EM® microorganisms in domestic wastewater from oxidation ponds reduced the amount of chemical oxygen demand (68.11%), biological oxygen demand (65.83%), chlorides (28.53%), nitrates (81.87%), total hardness (15.30%), total coliforms (99.96%), last month and a half since its application. From these results it is concluded that the treatment with EM®, in spite of having favorable effects on the physical, chemical and microbiological parameters, is not better than other methods.

**Keywords:** *Treatment, efficient microorganisms, water.*

## Introducción

Para la Organización Mundial de la Salud (OMS) el agua constituye un elemento vital para la alimentación, higiene y actividades del ser humano, por eso el hombre debe disponer de agua segura para proteger su salud (OMS, 2006). El acceso al agua potable es una cuestión importante en materia de salud y calidad de vida. En algunas regiones del mundo, se ha comprobado que las inversiones en sistemas de abastecimiento de agua y de saneamiento pueden ser rentables desde un punto de vista económico, ya que tiene efectos positivos principalmente en la salud de la población (Chase, 2002; Esrey, 1996; Jalan & Ravallion, 2003; Kumar & Vollmer, 2011; Pradhan & Rawlings, 2016).

En el caso peruano, según Huamani (2017) uno de los documentos que describe de mejor manera y con gran detalle los beneficios y costos potenciales de la buena o mala calidad de la prestación de los servicios de saneamiento es "Servicios de agua potable y saneamiento en el Perú: beneficios potenciales y determinantes de éxito" de la CEPAL, donde se diferencia dichos beneficios (costos) desde tres perspectivas: i) la social, ii) la económica, y iii) la medioambiental (Oblitas de Ruiz, 2010).

En los últimos años en la región Ica – Perú, se ha ido produciendo una creciente escasez de agua potable y a su vez un incremento de aguas residuales, haciendo urgente la búsqueda alternativa de tratamiento para enfrentar el problema, sobre todo en el distrito de Substanzalla, fiscalizada por la OEFA.

El Agua Residual Domestica (ARD) es aquella agua cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (OEFA, 2014). Estas aguas presentan ciertos microorganismos que pueden ser inoos o patógenos, es por ello que se le debe realizar un debido tratamiento, poniendo en riesgo la integridad de todo aquel que utiliza estas aguas de forma irregular.

La tecnología de los microorganismos eficientes EM®, desarrollado por el Dr. Teruo Higashimura 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 fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación (EEAITAJ, 2013). El desarrollo de los microorganismos está ligado a las condiciones ambientales, como la temperatura, *pH* y oxígeno. Cada microorganismo tiene una temperatura máxima y mínima por encima crece y por debajo no se prolifera. Cada organismo tiene un límite de *pH*, lo cual posibilita su crecimiento (Pérez & Ramírez, 2008). La investigación que a continuación se presenta, pretende analizar el tratamiento de aguas residuales aplicando tecnología de microorganismos eficientes EM®.

## Materiales y Métodos

El estudio investigación fue descriptivo, explicativo de diseño transversal, de tipo experimental (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2014). Se utilizó como técnicas: la observación, el análisis y la síntesis. Por tratarse de una investigación con diseño transversal, se analizaron las siguientes variables:

### Variable independiente

Microorganismo eficientes- EM® (Miyashiro & Meggs-Salguero, 2007).

- Tiempo de residencia de los microorganismos eficaces en el agua residual (tiempo en días).
- Concentración en microorganismos eficaces.

### Variable dependiente

Parámetros de calidad del agua residual luego del tratamiento a un tiempo específico. (*pH*, *DQO*, *DBO*, Dureza Total, Nitratos, Cloruros, Color, Olor, Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes).

El experimento se realizó desde junio hasta setiembre del 2018 en la laguna de oxidación ubicada en el distrito de Substanzalla – Ica, ubicado 424 m s. n. m., a una temperatura promedio de 18°C en los meses de la investigación. El procedimiento seguido fue:

1. Inicialmente se tomaron muestras del efluente y afluente en envases de 20 L, los mismos que fueron posteriormente analizados en laboratorio (09/06/ 2018).
2. Para la activación de los EM se empleó un recipiente de 20 L. En el recipiente se mezcló 5% de EM-1 (0.25 L) y 5% (0.25 L) de melaza con 90% (4.50 L) de agua limpia sin cloro. Al final se obtuvo 5 L de EM activado.
3. Después se adiciono 15 L de agua residual domestica ARD restante en el envase a fin de verificar la eficacia de tratamiento por microorganismo.
4. En el estudio, las aguas sometidas a tratamiento, por tener un alto contenido de contaminación, fueron expuestas a una concentración de 1:1000 de EM activado.
5. Después de haber adicionado el EM activado se monitoreo entre turnos: mañana, tarde y noche, para ver si había alteraciones en sus características organolépticas.
6. Luego se realizaron los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua.

## Resultados y discusión

Hay autores que han logrado remociones significativas de *DBO* y *DQO* al aplicar *ME* a diferentes residuales, tal como se muestra en la tabla 1, asumiendo así que el uso de estos microorganismos es ventajoso para los fines de tratamiento. En la muestra de nuestra investigación, la remoción fue 65.00% para *DBO* y 68.11% para *DQO*.

Tabla 1.  
Remoción de DBO y DQO según diferentes autores, al aplicar ME a las aguas residuales de procedencias diversas

Procedencia del residual	Remoción DBO (%)	Remoción DQO (%)	Autores
Aguas de granja porcina (ME Zamorano)	96	96	(Toc-Aguilar, 2012)
Aguas de granja porcina (ME Comercial)	98	97	(Toc-Aguilar, 2012)
Aguas de industria azucarera (elaboración panela)	91	93	(López, Arteaga, Arciniegas, & Tupaz, 2006)
Aguas industriales	78	69	(Wisznienski, 2006)
Aguas de industria láctea	50	40	(Paéz, 2011)

Nota. Elaborado en base a (Toc-Aguilar, 2012).

### Caracterización física, química y microbiológica de ARD del distrito Subtanjalla- Ica

**Olor.** En la tabla 2 se observa la evolución de olores generados por las ARD en cada análisis por semana. Siendo los resultados subjetivos. Los malos olores generados por la putrefacción es el principal impacto de la descarga de ARD. Este olor se describe como menos fuerte, suave y más suave ya que resultaba de la intensa fermentación que se estaba dando.

Tabla 2.  
Olor en los respectivos tratamientos

Control	Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6	Comentario
Sin EM	Más fuerte	X	X	X	Olor de materia en pudrición
Con EM	X	Menos fuerte	Suave	Más suave	Olor de materia fermentada

**Color.** En el caso del color de la muestra, se refleja la evolución que se ha logrado con respecto al tratamiento. Los resultados del ARD pueden observarse en la tabla 3: las diferencias de la evolución del color generado por las ARD en cada análisis son evidentes. El color verde oscuro, una capa de espuma superficial y gran cantidad de larvas de moscas, son signos de putrefacción y consecuente mal olor.

Tabla 3.  
Color en los respectivos tratamientos

Control	Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6
Sin EM	Verde pardo	X	X	X
Con EM	X	Amarillo-grisáceo	Gris claro	Transparente

**Parámetro pH.** El pH del ARD en inicio 8.04 disminuyó a 7.89 con tratamiento de microorganismos eficaces, ver tabla 4.

Tabla 4.  
pH del ARD tratada con microorganismos eficaces

Muestra	Sin tratamiento		Con tratamiento	
	Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6
Muestra 1°	8.04	7.69	7.77	7.66
Muestra 2°	8.04	7.57	7.78	7.56
Muestra 3°	8.04	7.89	7.78	7.89

**Parámetro Dureza Total (mg/L).** En la tabla 5 se presentan resultados de concentración de Dureza Total promedio presentes en las muestras de ARD. El valor inicial de 220.65 mg/L se redujo a 186.37 mg/L al tratarla con microorganismos eficaces.

Tabla 5.  
Dureza total del ARD tratada con microorganismos eficaces (mg/L)

Muestra	Sin tratamiento	Con tratamiento		
	Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6
Muestra 1°	220.65	198.76	186.37	181.11
Muestra 2°	220.65	216.35	204.07	198.67
Muestra 3°	220.65	198.67	186.28	181.04

**Parámetro Nitratos (mg/L).** En la tabla 6 se puede verificar que, la concentración de Nitratos Total promedio presentes en las muestras de ARD, inicialmente fue de 35.78 mg/L reduciéndose a 6.67 mg/L después del tratamiento con microorganismos eficaces; obteniendo una eficiencia de remoción del sistema de 81.87%.

Tabla 6.  
Nitratos del ARD tratada con microorganismos eficaces (mg/L)

Muestra	Sin tratamiento	Con tratamiento		
	Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6
Muestra 1°	35.78	13.86	9.90	7.33
Muestra 2°	35.78	10.77	6.82	4.44
Muestra 3°	35.78	15.56	10.60	8.43

**Parámetro DBO (mg/L).** En la tabla 7 se muestra los resultados del DBO promedio. El ARD en un inicio tenía 120.2 mg/L, y se redujo a 40.2 mg/L al ser tratada con microorganismos eficaces, obteniendo una eficiencia de remoción del sistema de 65,83 %.

Tabla 7.  
DBO del ARD tratada con microorganismos eficaces (mg/L)

Muestra	Sin tratamiento	Con tratamiento		
	Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6
Muestra 1°	120.2	79.9	59.9	40.2
Muestra 2°	120.2	82.7	53.1	45.1
Muestra 3°	120.2	77.8	55.9	38.2

**Parámetro DQO (mg/L).** De acuerdo a la tabla 8, el DQO promedio del ARD, que en un inicio tenía 161.90 mg/L se redujo ligeramente a 51,89 mg/L al ser tratada con microorganismos eficaces, obteniendo una eficiencia de remoción del sistema de 68,10 %.

Tabla 8.  
DQO del ARD tratada con microorganismos eficaces (mg/L)

Muestra	Sin tratamiento	Con tratamiento		
	Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6
Muestra 1°	161.90	108.01	81.02	53.78
Muestra 2°	161.90	106.02	79.01	51.89
Muestra 3°	161.90	101.91	77.01	48.99

**Parámetro Coliformes Totales (NMP/100mL).** En la tabla 9, la concentración de coliformes totales promedio del ARD, que en un inicio tenía  $5.00E + 06$  NMP/100mL se redujo a 2,200 NMP/mL, al ser tratada con microorganismos eficaces, obteniendo una eficiencia de remoción del sistema de 99,96 %.

Tabla 9.  
Coliformes Totales del ARD tratada con microorganismos eficaces

Muestra	Sin tratamiento		Con tratamiento	
	Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6
	Muestra 1°	5,000,000	2,400	2,300
Muestra 2°	5,000,000	3,400	2,900	2,400
Muestra 3°	5,000,000	3,000	2,600	2,200

**Parámetro Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL).** En la tabla 10, se muestra la concentración de coliformes termotolerantes promedio del ARD, que en un inicio tenía  $5.00E + 06$  NMP/100mL se redujo a 200 NMP/mL al ser tratada con microorganismos eficaces, obteniendo una eficiencia de remoción del sistema de 99,99 %.

Tabla 10.  
Coliformes Termotolerantes del ARD tratada con microorganismos eficaces

Muestra	Sin tratamiento		Con tratamiento	
	Semana 0	Semana 2	Semana 4	Semana 6
	Muestra 1°	5,000,000	200	190
Muestra 2°	5,000,000	300	290	260
Muestra 3°	5,000,000	250	230	200

Tabla 11.  
Características físico, químicos y microbiológicos de la PTAR, resultados obtenidos de PTAR, LMA y ECA

Parámetro	Unidad	Tratamiento		LMP <sup>(a)</sup>	ECA <sup>(b)</sup>
		Sin	Con		
pH	Und. pH	8.04	7.87	6.5 - 8.5	6.5 - 9.0
Cloruros	mg/L	224.87	154.81	250	250
Dureza Total	mg/L	220.65	181.11	150	≤ 25
Nitratos	mg/L	35.78	4.44	-	≥ 5
DBO <sup>(c)</sup>	mg/L	120.2	41.00	100	< 5
DQO <sup>(d)</sup>	mg/L	161.9	51.66	200	200
N° coliformes totales	NMP/100 mL	5.00E+6	2,200		
N° coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	5.00E+6	2,000	10,000	1000

<sup>(a)</sup> Límites máximos permisibles (D.S N° 003 -2010 MINAM)

<sup>(b)</sup> Estándares de calidad ambiental para agua (D.S N° 015 - 2015 MINAM)

<sup>(c)</sup> Demanda bioquímica de oxígeno

<sup>(d)</sup> Demanda química de oxígeno

## Conclusiones

La aplicación de microorganismos eficaces EM® en las aguas residuales domesticas de las lagunas de oxidación de Subtanjalla redujo la cantidad de la demanda química de oxígeno (68,09%), demanda biológica de oxígeno (65,83%), cloruros (28,50%), nitratos (81,78%), dureza total (15,30%), coliformes totales (99,95%), pasado mes y medio desde su aplicación. No es mejor a otros métodos ya que este tratamiento con EM® se limita con la presencia de metales y en el análisis de la dureza total.

En cuando al mayor efecto, se observa variación en los parámetros de calidad de las muestras evaluadas en las semanas 4 a semana 6 del tratamiento con EM®.

En la comparación con los resultados obtenidos antes y después del tratamiento, se observó el proceso de la disminución eficientemente mínima de materia orgánica y la disminución de olores desagradables, con lo cual deducimos, en forma general, que para el conjunto de los parámetros analizados, el tiempo influyo en el comportamiento de los datos.

De acuerdo a los resultados obtenidos y el análisis realizado, se propone que, las aguas residuales descargadas por la población de Subtanjalla a la laguna de oxidación cuenten con tratamiento con microorganismos eficaces logrando mejoras en la calidad de vida de las personas, animales, de todo ser vivo que habita a sus alrededores, adecuando el medio ambiente que permitan mitigar la contaminación por olores desagradables y moscas o plagas.

## Recomendaciones

Realizar investigaciones similares aplicando diferentes concentraciones porcentuales de EM y ampliando el periodo de investigación, incluyendo otros parámetros de contaminación ambiental.

La municipalidad distrital de Substanzalla, deberá implementar programas de educación ambiental, para que los pobladores tengan conciencia ambiental y no drenen aguas residuales de tipo industrial a la laguna de oxidación.

Se recomienda agregar el EM a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Localidad de Substanzalla, en la nave de macrofitas (tratamiento secundario) para tener mayor remoción de los contaminantes físico – químico y microbiológico y así cumplir con los Límites Máximos Permisibles estipulados en el D.S N° 003 – 2010 – MINAM referido a Efluentes de PTAR.

## Referencias bibliográficas

- Chase, R. S. (2002). Supporting Communities in Transition: The Impact of the Armenian Social Investment Fund. *The World Bank Economic Review*, 16(2), 219–240. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/3990158>
- EEAITAJ. (2013). Microorganismos Eficaces™ (EM™). Uruguay: Estación Experimental Agropecuaria para la Instalación de Tecnologías Apropriadas de Japón. Recuperado de [http://www.emuruguay.org/PDF/Microorganismos\\_Eficaces\\_EM\\_Presentacion\\_breve.pdf](http://www.emuruguay.org/PDF/Microorganismos_Eficaces_EM_Presentacion_breve.pdf)
- Esrey, S. A. (1996). Water, waste, and well-being : a multicountry study. *American Journal of Epidemiology*, 143(6), 608–623. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1032.9866&rep=rep1&type=pdf>
- Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6th ed.). México: McGrawHill.
- Huamani, S. A. (2017). *Estimación de la rentabilidad social de incrementar la cobertura de agua potable en Lima Metropolitana*. Universidad del Pacifico. Recuperado de [http://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/1734/Sandro\\_Tesis\\_maestria\\_2017.pdf?sequence=1;Estimaci](http://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/1734/Sandro_Tesis_maestria_2017.pdf?sequence=1;Estimaci)
- Jalan, J., & Ravallion, M. (2003). Does piped water reduce diarrhea for children in rural India? *Journal of Econometrics*, 112(1), 153–173. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(02\)00158-6](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(02)00158-6)
- Kumar, S., & Vollmer, S. (2011). Does improved sanitation reduce diarrhea in children in rural India? Harvard School of Public Health, Harvard School of Public Health. Recuperado de <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/31808/%0D>
- 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 Sandomá, Colombia. Recuperado de <http://corponarino.gov.co/expedientes/calidadambiental/cartillacompletapanela.pdf>
- Miyashiro, G., & Meggs-Salguero, J. C. (2007). *Medición del efecto de la aplicación de Microorganismos Eficaces (EM) en la generación de gas metano (CH4) en los sistemas biodigestores a escala*. Universidad Heart - Costa Rica. Recuperado de [http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base\\_datos/gas\\_metano\\_en\\_biodigestores.pdf](http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/gas_metano_en_biodigestores.pdf)
- Oblitas de Ruiz, L. (2010). *Servicios de agua potable y saneamiento en el Perú: beneficios potenciales y determinantes de éxito*. Santiago de Chile: CEPAL. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3819/1/lcw355.pdf>
- OEFA. (2014). *Fiscalización ambiental en Aguas residuales*. Lima - Perú: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA. Recuperado de [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)

- OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable* (3ra ed.). Genève - Suiza: Organización Mundial de la Salud. Recuperado de [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)
- Paéz, R. (2011). *Rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Industria Láctea Proleca Ltda. Cartagena*. Universidad de Cartagena. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/93732179/Tesis-Final-Raul-Paez>
- Pérez, G., & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical* (2da. Edit.). Bogotá - Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. Recuperado de <http://www.ianas.com/docs/books/wbp14.pdf>
- Pradhan, M., & Rawlings, L. B. (2016). The Impact and Targeting of Social Infrastructure Investments: Lessons from the Nicaraguan Social Fund. *The World Bank Economic Review*, 2(275–295). Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/3990160>
- Toc-Aguilar, R. M. (2012). *Efecto de los Microorganismos Eficientes (ME) en las Aguas Residuales de la Granja Porcina de Zamorano, Honduras*. Zamorano - Honduras. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1039/1/T3265.pdf>
- Wisznienski, P. (2006). Foro Virtual Riachuelo No. 5. Recuperado de <http://corponarino.gov.co/expedientes/calidadambiental/cartillacompletapanela.pdf>