

UTILIZACION DE CONSORCIOS MICROBIANOS PARA DISMINUIR LA CARGA ORGÁNICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE CALCETA

Piero Cristóbal Fajardo Navarrete¹, Rubén Darío Bravo Álava², Johnny Manuel
Navarrete Alava¹, Ernesto Antonio Hurtado³

¹Laboratorio de Microbiología Área Agropecuaria, ²Carrera de Medio Ambiente, ³Carrera
Medicina Veterinaria.

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Campus
Politécnico El Limón, ubicado en el km 2.7 vía Calceta- El Morro- El Limón, sector El Gramal.

Contacto: picrifana4@gmail.com

RESUMEN

Con el fin de evaluar la eficiencia de consorcios microbianos (*in vitro*) en el tratamiento de aguas residuales (AR) domésticas de la ciudad de Calceta, se tomaron muestras de AR las cuales se procesaron en el Laboratorio de Microbiología del Área Agropecuaria de la ESPAM-MFL, utilizando la técnica de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). Se utilizó un diseño completamente al azar, teniendo como tratamientos los siguientes: T1, consorcio I con dosis de aplicación de 1,5 ml/dm³ conformado por los siguientes microorganismos: Saccharomyces cerevisiae (4,32*10⁸ UFC/ml), Lactobacillus acidophilus (1,85 * 10⁹ UFC/ml), Bacillus subtilis (7,8 * 10⁷ UFC/ml); T2, consorcio II con dosis de aplicación de 1,5 ml/dm³ constituido por los siguientes microorganismos: Clorella spp (3,73 * 10⁶ cel/ml), Clamidomonas spp (4,59 * 10⁵ cel/ml), Scenedesmus spp (6,2 * 10⁵ cel/ml); T3, consorcio III combinado de los microorganismos del T1 y T2 con dosis de aplicación de 1,5 ml/dm³; y T4, consorcio IV conformado por: Trichoderma harzianun, (1 * 10⁸ UFC/g) a dosis de aplicación de 1,5 g/dm³ y por el T1, con una dosis de aplicación de 1,5 ml/dm³. Las variables estudiadas fueron la disminución de la concentración de la materia orgánica a través de DBO y el porcentaje de remoción de materia orgánica. Los resultados presentan al T3 como el mejor, con un DBO de 21,11 mg/dm³ (P < 0,10) y remoción de materia orgánica del

33 95,15%. Se concluye que el consorcio combinado de los microorganismos (T3)
34 es una alternativa para ser utilizado en la biorremediación de las aguas
35 residuales.

36

37 **Palabras clave:** Materia orgánica, comunidad microbiana, aguas negras,
38 bacterias, aislamiento, remoción.

39

ABSTRACT

40 In order to evaluate the efficiency of microbial consortia (in vitro) in the
41 treatment of domestic wastewater in the city of Calcuta, wastewater samples
42 were taken, which were processed in the Microbiology Laboratory of the
43 Agricultural Area of the ESPAM-MFL, using the technique of Biochemical
44 Oxygen Demand (BOD₅). The design was completely random, with the
45 following treatments: T1, consortium I with an application dose of 1.5 ml / dm³
46 formed by the following microorganisms: *Saccharomyces cerevisiae* (4,32 * 10⁸
47 CFU / ml), *Lactobacillus acidophilus* (1.85 * 10⁹ CFU / ml), *Bacillus subtilis* (7.8
48 * 10⁷ CFU / ml); T2, consortium II with an application dose of 1.5 ml / dm³
49 formed by the following microorganisms: *Chlorella* spp (3.73 *10⁶ cells / ml),
50 *Clamidomonas* spp (4.59 *10⁵ cells / ml), *Scenedesmus* spp (6.2 * 10⁵ cells /
51 ml); T3, consortium III combined microorganisms of T1 and T2 with application
52 dose of 1.5 ml /dm³; and T4, consortium IV formed by: *Trichoderma harzianun*,
53 (1 * 10⁸ CFU /g) with an application dose of 1.5 g / dm³ and T1, with an
54 application dose of 1 , 5 ml / dm³. The variables studied were the reduced
55 concentration of organic matter through BOD and the percentage of organic
56 matter removal. The results show treatment T3 as the best with a BOD of 21.11
57 mg / dm³ and organic matter removal of 95.15% (P <0.10). We conclude that
58 the combined consortium of microorganisms (T3) is an alternative for be used in
59 a system of wastewater treatment.

60 Key words: Organic matter, microbial community, sewage, bacteria, isolation,
61 removal.

62

INTRODUCCIÓN

63 Las aguas residuales que no han tenido un eficiente tratamiento y que son
64 depositadas en cuerpos de agua con alta concentración de materia orgánica,
65 desencadenan un gran problema para los ecosistemas y para la salud pública,

66 creando altos grados de eutrofización, alteración en la vida de los seres
67 acuáticos y de quienes la consumen.

68 En Ecuador la capacidad de tratamiento de aguas residuales es mínima y con
69 índices de eficiencia menor comparada con los países desarrollados, en el país
70 la única ciudad que cuenta con un sistema de tratamiento completo es Cuenca
71 (López, 2011).

72 La ciudad de Calceta tiene un sistema de lagunas de estabilización en serie
73 implementado hace 43 años, en el año 2005 se procedió a realizar un rediseño
74 de las mismas, estando constituido en la actualidad por un birreactor
75 anaerobio, dos lagunas anaerobias, y dos lagunas de maduración (GAD
76 Bolívar, 2010). Este sistema presenta una baja eficiencia en la disminución de
77 la concentración de la materia orgánica, expresada usualmente en DBO y esto
78 se lo considera un indicador directo de los niveles de carga orgánica en las
79 muestras (Noles, 2011).

80 La remoción de la DBO, la coagulación de sólidos coloidales, es posible por la
81 acción de una variedad de microorganismos, la utilización de consorcios de
82 microorganismos que es la agrupación natural de dos o más poblaciones
83 microbianas de diferentes especies que funcionan conjuntamente como
84 comunidad, llegándose a considerar como la vía más apropiada para la
85 degradación microbiana y disminución de materia orgánica (Salas, 2003).

86 La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es un buen indicador para conocer
87 la eficiencia de distintos consorcios microbianos y poder determinar la
88 eficiencia de varios consorcios en la reducción de materia orgánica de las
89 aguas residuales domesticas de la ciudad de Calceta.

90 **MATERIALES Y MÉTODOS**

91 **Ubicación**

92 Este trabajo se realizó en la ciudad de Calceta, cantón Bolívar,
93 geográficamente se ubica a 00,50 minutos de Latitud Sur y a 800, 9 minutos,
94 33 segundos de Longitud Oeste.

95 **Determinación de los consorcios microbianos a emplear.**

96 Se eligieron los consorcios en base a información bibliográfica, estudios
97 realizados y las características que cada microorganismo presentan, y la
98 capacidad que poseen de actuar conjuntamente formando una comunidad en

99 la que todos se benefician de las actividades de las demás, creando una
100 sociedad de mutualismo muy eficiente.

101 **Preparación de consorcios microbianos.**

102 Para la preparación de los distintos consorcios se utilizaron microorganismos
103 previamente aislados y conservados en el laboratorio. El consorcio I estuvo
104 constituido por: S. cerevisiae, L. acidophilus y B. subtilis, se procedió a realizar
105 el medio de cultivo para su multiplicación con melaza al 5%, se midió en un
106 vaso de precipitación 50 dm³ de melaza y se colocó en un matraz Erlenmeyer
107 de 1000 ml de capacidad y se enrasó a 1000 ml con agua destilada para luego
108 diluirlo en un agitador magnético, luego se sometió a autoclave la solución a
109 121°C por 15 min, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se procedió a
110 sembrar los microorganismos, luego se encubo a 37°C por 24 horas en una
111 estufa, la dosis de aplicación fue de 1,5 ml/dm³ (Fajardo, 2015).

112 El consorcio II estuvo constituido por: Clorella spp., Clamidomonas spp. y
113 Desmodesmus spp., para la multiplicación se utilizó 1 ml de fertilizante
114 nitrofoska en 1000 ml de agua destilada, y se sometió a autoclave a 121°C por
115 15 minutos, y se mantuvo en refrigeración a 4°C, de esta solución se cogió 1 ml
116 y se colocó en 0,200 dm³ más 0,200 dm³ de cepas de algas y se enrasó en 1
117 dm³ de agua destilada estéril, la cual se dejó a luz lámpara fluorescente a una
118 temperatura de 20 °C con oxígeno (blower), y la dosis de aplicación fue de
119 1,5 ml/dm³ (Navarrete, 2015).

120 El consorcio III combinado, constituido por I y II (algas, bacterias y hongo) se
121 mezcló en iguales proporciones, al momento de iniciar el ensayo, con dosis de
122 aplicación de 1,5 ml/dm³.

123 El consorcio IV es la combinación del hongo (T. harzianun) y el consorcio I (S.
124 cerevisiae, L. acidophilus, B. subtilis), con dosis de aplicación de 1,5 g/dm³ de
125 hongos y 1,5 ml/dm³ del consorcio I respectivamente.

126 **Manejo experimental de los consorcios microbianos.**

127 La toma de muestras de aguas residuales se realizó considerando los
128 protocolos necesarios (UICN, 2006).

129 Se tomaron 270 ml de agua residual y 410 µl del consorcio a emplear de
130 acuerdo a los siguientes tratamientos: Consorcio bacteriano constituido por
131 1,77 * 10⁸ UFC/ml de S. cerevisiae, 7,577 * 10⁸ UFC/ml de L. acidophilus,

132 3,198 * 10⁷ UFC/ml de B. subtilis. (T1). Consorcio de algas el cual consto de
 133 1,53 * 10⁶ Cel/ml de Clorella sp, 2,54 * 10⁵ Cel Desmodesmus spp o
 134 Scenedesmus spp, y 1,88 * 10⁵ Cel/ml Clamidomonas spp. (T2). Consorcio
 135 combinado consto de los componentes de los tratamientos 1 y 2. (T3). Mientras
 136 que para el cuarto tratamiento (T4) se utilizó 410 µl de consorcio de bacterias
 137 y 405 mg de T. harzianun.

138 Se evaluó la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en todos los tratamientos
 139 (consorcios) por medio del método Electrodo de Membrane SM 4500–OG
 140 (Maldonado *et al.*, 2011) para conocer la eficiencia en la disminución de
 141 materia orgánica, determinando la concentración de oxígeno disuelto al
 142 comienzo y al final de un período de cinco días en el que las muestras de agua
 143 permanecieron en frascos sellados y en la oscuridad a una temperatura
 144 constante de 20°C (Fernández, 2012).

145 Además, se determinó a los distintos consorcios la eficiencia de remoción de la
 146 materia orgánica (Olea, 2013) de acuerdo a la siguiente formula:

$$147 \quad (1) E = \frac{DBO AFLUENTE - DBO EFLUENTE}{DBO AFLUENTE} * 100$$

148 Dónde:

149 E= Eficiencia

150 DBO afluente= Concentración de DBO antes del tratamiento

151 DBO efluente= Concentración del DBO después del tratamiento

152 **Diseño experimental**

153 Se realizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro
 154 repeticiones. La variable a estudiar fue la concentración de materia orgánica
 155 del agua, que permitió obtener la eficiencia de los consorcios. El modelo lineal
 156 aditivo planteado fue: (2) $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$

157 Donde:

158 Y_{ij} = es la j-ésima observación de concentración de materia orgánica del i
 159-ésimo tratamiento

160 μ = media general

161 τ_i = efecto debido al i-ésimo tratamiento (Consorcios). $i = 1, 2, 3, 4.$

162 ϵ_{ij} = error experimental de la j-ésima observación en el i-ésimo tratamiento

163 Las observaciones fueron analizadas a través de un análisis de varianza
 164 (ANOVA), se aplicó la prueba de Duncan para comparaciones múltiples al 10%,
 165 utilizando el paquete estadístico InfoStat versión 2014.

166 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

167 En el cuadro 1 se presentan los resultados del análisis de demanda bioquímica
 168 de oxígeno (DBO₅) y la eficiencia de remoción del agua residual en los
 169 tratamientos bajo estudio. Se observa en el consorcio III combinado (T3), el
 170 menor promedio (21,11 mg/dm³) de DBO₅ con respecto al resto de
 171 tratamientos (P < 0,10), teniendo una mayor eficiencia de remoción (95,15%).

172 **Cuadro1.** Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y Eficiencia de
 173 Remoción (E.R) del agua residual en los tratamientos bajo estudio.

174

Tratamientos	DBO Inicial (mg/dm ³)	DBO ₅ Final (mg/dm ³)	E.R (%)
Consorcio I	435	24,74 ^a ± 0,68	94,31
Consorcio II	435	24,15 ^{ab} ± 1,64	94,15
Consorcio III combinado	435	21,11 ^b ± 1,37	95,15
Consorcio IV	435	23,46 ^{ab} ± 1,25	94,61

175 ^{ab} Letras distintas en la columna difieren estadísticamente al 10% (Duncan)

176 CV: 11, 07%

177

178 El Ministerio de Ambiente del Ecuador (2015), señala como límite máximo
 179 permisible 100 mg/dm³ en el parámetro de DBO₅. Los resultados de los
 180 distintos consorcios empleados en el agua residual evidencian estar por
 181 debajo, permitiendo una eficiencia considerable de los seres vivos
 182 (microorganismos), utilizados como tratamientos. Sin embargo, el consorcio III
 183 combinado (algas y bacterias), resultó tener el mayor % de remoción de
 184 materia orgánica con 95,15, posiblemente al proceso que cumplen las algas de
 185 absorber el CO₂ para producir oxígeno el cual es utilizado por las bacterias para
 186 degradar la materia orgánica, sin la necesidad de inocular oxígeno externo,
 187 creando una eficiente comunidad aerobia y anaerobia con un objetivo en
 188 común.

189 Estos resultados corroboran lo mencionado por Salas (2003) cuando afirma
190 que la agrupación natural de dos o más poblaciones microbianas de diferentes
191 especies actúa conjuntamente como comunidad en la degradación microbiana
192 y disminución de materia orgánica. Mientras que Dicyt (2015) menciona la
193 práctica de uso de sistemas simbióticos de microalgas y bacterias en el
194 tratamiento de aguas residuales.

195 La eficiencia de remoción obtenida permite afirmar que en la biorremediación
196 del agua, el uso de consorcios microbianos es la vía más apropiada para la
197 degradación microbiológica (Ríos y Peñuela, 2014).

198 **CONCLUSIONES**

199 De acuerdo a los resultados obtenidos de las distintas combinaciones de
200 microorganismos tienen un porcentaje de remoción muy cercanos pero el
201 Consorcio III (Algas, bacterias y hongos) obtuvo el porcentaje más alto de
202 remoción de materia orgánicas con un 95,15%, pero siendo viable la utilización
203 del consorcio I porque son un número menor de microorganismos y por ende
204 menor costo, con una eficiencia del 94,31 %, siendo una alternativa factible
205 para la biorremediación de las aguas residuales domésticas.

206 **LITERATURA CITADA**

207 Dicyt, (2015). La biotecnología de microalgas, eficaz para el tratamiento de
208 aguas residuales. (En línea). ES. Consultado, 29 de jul. 2015. Formato html.
209 Disponible en <http://www.dicyt.com/noticias/la-biotecnologia-de-microalgas-eficaz-para-el-tratamiento-de-aguas-residuales>.

211

212 Fajardo, P. (2015). Técnica de replicación de bacterias en melaza al 5%.
213 (Entrevista). Calceta-Manabí. EC, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria
214 de Manabí Manuel Félix.

215

216 Fernández, A. (2012). El Agua: un recurso esencial. Revista Química Viva. 11:
217 147-170.

218

219 GAD Bolívar (Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Bolívar). (2010).
220 Sistema de tratamiento de aguas residuales local. (Entrevista a Ingeniero en

- 221 Medio Ambiente José Manuel Zambrano. Departamento de Medio Ambiente).
222 Calceta- Bolívar. EC.
223
- 224 López, J. (2011). Evaluación de la eficiencia de un reactor anaeróbico de flujo
225 ascendente y manto de lodos UASB para el tratamiento de aguas residuales –
226 escala laboratorio. (En línea). EC. Consultado, 05 de mayo 2015. Formato
227 PDF. Disponible en repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/750/1/98208.pdf.
228
- 229 Ministerio del Ambiente Ecuatoriano (MAE). (2015). Texto Unificado de la
230 Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. (En línea). EC. Consultado,
231 23 de nov. 2015. Formato PDF. Disponible en
232 <http://suia.ambiente.gob.ec/acuerdos-ministeriales>.
233
- 234 Maldonado, W; Baldiris, I; Díaz, J. (2011). Evaluación de la calidad del agua en
235 la Ciénaga de la Virgen (Cartagena, Colombia) durante el período 2006-2010.
236 Revista Científica Guillermo de Ockham. 9(2):79-87.
237
- 238 Navarrete, J. (2015). Técnica de replicación de algas (Entrevista). Calceta-
239 Manabí. EC, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel
240 Félix López.
241
- 242 Noles, P. (2011). Evaluación del Tratamiento de las Lagunas de Oxidación de
243 la Ciudad de Calceta- Bolívar- Manabí. Proyecto de Tesis de la Carrera de
244 Medio Ambiente. ESPAM MFL. Calceta-Manabí, EC. p 38- 48.
245
- 246 Olea, R. (2013). Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del
247 municipio de Coatepec, Veracruz. (En línea).MX. Consultado, 23 de jul. 2015.
248 Formato PDF. Disponible en
249 <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/33930/1/oleamadrugarosa.pdf>.
250
- 251 Salas, G. (2003). Tratamiento físico-químico de aguas residuales de la industria
252 textil. Revista Peruana de Ing. Química. 5(2):73-80.
253

- 254 UICN (Unión Mundial para la Naturaleza). (2006). Plan de monitoreo para la
255 planta de tratamiento de aguas residuales en el sur de Ahuachapán, El
256 Salvador, C.A. (En línea). Consultado, 24 de Jun. 2015. Formato PDF.
257 Disponible en <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2006-092.pdf>.
258
- 259 Ríos, K; y G. Peñuela. (2014). Degradación del clorotalonilo por un consorcio
260 microbiano aislado de humedales construidos en ensayos de laboratorio.
261 Revista Actualidades Biológicas. 37(102):255-265.