

## **Biotransformación de hidrogel con la aplicación de microorganismos eficientes a través del uso de la lombriz *Eisenia fétida***

*Biotransformation of baby diaper gel with the application of efficient microorganisms through the use of the earthworm *Eisenia fétida**

Máximo Nova-Pinedo<sup>1</sup> y Beatriz Mamani Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Unidad de Investigación, Carrera de Ingeniería Agronómica, Unidad Académica Campesina Carmen Pampa (UAC-CP) - Universidad Católica Boliviana "San Pablo". Coroico, La Paz, Estado Plurinacional de Bolivia.

<sup>2</sup>Departamento de Investigación y Proyectos, Unidad Académica Campesina Carmen Pampa (UAC-CP) - Universidad Católica Boliviana "San Pablo". Coroico, La Paz, Estado Plurinacional de Bolivia.

*E-mail:* beita.mamani@gmail.com

### **Resumen**

En la actualidad un problema que se viene arrastrando es la falta de alternativas de biodegradación de desechos cotidianos, especialmente aquellos de difícil degradación como, es el caso de los pañales de bebe, ya que están constituidos por polietileno (hidrogel) y es uno de los terceros artículos más usados por el hombre. En este sentido, se realizó un estudio de biodegradación del hidrogel de los pañales de bebe con y sin la inoculación de microorganismos eficientes (EM), en sustratos con y sin hidrogel a través de la producción de humus de lombriz. La preparación de sustrato (mix) consistió en la mezcla en similar proporción de abono de vacuno y gel del pañal, este último sin restos de plásticos, ni resortes y bandas adhesivas. Sin embargo, para el testigo (sin pañales) solo se incorporó abono vacuno. Ambos fueron divididos en dos partes y colocados en dos envases herméticos de forma separada. En el primer envase se adicióno agua; y en el otro la solución de los microorganismos eficientes y fueron cerrados durante 15 días. Después, los sustratos de cada tratamiento fueron vertidas 2 kg/caja a cada una ellas se adicióno 50 lombrices. Los resultados mostraron que los microorganismos eficientes favorecieron en la multiplicación de lombrices y en la reducción del tiempo de descomposición, aunque no en la cantidad de humus producida con y sin pañales; por lo que se puede asumir que las lombrices pueden tener actividad metabólica y producir humus sin ningún inconveniente por estas cualidades podrían ser usadas como abono en zonas Altoandinas con previo estudio de fitotoxicidad.

**Palabras clave:** Biotransformación, microorganismos eficientes, hidrogel de pañales de bebe, lombrices.

### **Abstract**

At present, a problem that has been dragging on is the lack of alternatives for the biodegradation of everyday waste, especially those of difficult degradation such as, is the case of baby diapers, since they are made of polyethylene (hydrogel) and it is one of the third items most used by man. In this sense, a biodegradation study of the hydrogel of baby diapers was carried out with and without the inoculation of efficient microorganisms (EM), in substrates with and without hydrogel through the production of worm humus. The preparation of the substrate (mix) consisted of mixing in a similar proportion of beef fertilizer and diaper gel, the latter without plastic remains, or springs and adhesive bands. However, for the control (without diapers) only beef manure was incorporated. Both were divided into two parts and placed in two hermetic containers separately. In the first container, water was added; and in the other the solution of efficient microorganism and they were closed for 15 days. Then, the substrates of each treatment were poured 2 kg / box to each one of them, 50 worms were added. The results showed that efficient microorganisms favored the multiplication of worms and the reduction of decomposition time, although not in the amount of humus produced with and without diapers; Therefore, it can be assumed that worms can have metabolic activity and produce humus without any inconvenience, due to these qualities, they could be used as fertilizer in High Andean areas with a previous study of phytotoxicity.

**Key words,** Biotransformation, efficient microorganisms, hydrogel baby diapers, worms.

## INTRODUCCION

Según el reporte del Banco Mundial, titulado “What a Waste 2.0” (2018), el mundo genera 2010 millones de toneladas de residuos sólidos municipales anualmente. Para tener una idea de lo que ésta cifra representa a más de 14 millones de ballenas azules. Toda ésta basura generada está “ahogando” los océanos, lagos, ríos, está obstruyendo los drenajes y causando inundaciones, transmitiendo enfermedades, aumentando las afecciones respiratorias por causa de la quema, está convirtiendo el planeta en un basural. Por lo que panorama no es alentador, las estimaciones sugieren que esa cifra incrementaría a 3400 millones de toneladas de residuos sólidos para el año 2050.

En Bolivia, de acuerdo a los informes del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, el 2016 Bolivia generaba aproximadamente 2 millones de toneladas de residuos sólidos al año, el equivalente a 5400 toneladas día. De ésta cifra, según datos del Instituto Nacional de Estadística (2017), más del 70% provenían exclusivamente de las 9 ciudades capitales e incluyendo la ciudad de El Alto. Comparado con los datos de generación de basura de las 10 ciudades para el 2010, según datos del Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos, del Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico tuvo un incremento de más del 20%.

La voz del sureste (2015) menciona que los pañales son el tercer artículo más contaminante, sus plásticos tardan unos 500 años en descomponerse y ocupan casi 50% de todo el espacio en basureros. Al estar hechos de plástico, como el polietileno, celulosa y otros productos químicos, dificulta su degradación en el ambiente. Los pañales desechables son usados en cantidades increíbles de recursos anuales en algunos países; por ejemplo, en Estados Unidos se requiere de un millón 265 mil toneladas métricas de pulpa de madera y 75 mil toneladas métricas de plástico.

Lamentablemente, la gran mayoría de los desperdicios sólidos generados por desechos de pañales no se eliminados en vertederos especializados, más al contrario son arrojados a cuerpos de agua con mayor frecuencia a los ríos y/o a la intemperie. Por otra parte, se calculó que un bebé utiliza aproximadamente seis pañales al día, esto supone unos 5 mil 400 pañales a lo largo de sus 30 primeros meses de vida. Lo que se traduce en más de una tonelada de residuos por niño.

Para la obtención de pañales se requiere como materia prima celulosa, lo que implica que sea necesario cortar árboles para su fabricación, se estima que son necesarios cinco árboles por niño. Los pañales además de celulosa como principal

componente contienen productos derivados del petróleo altamente contaminantes como polipropileno, polietileno, elásticos, adhesivos y plásticos.

Por otra parte, por las cualidades de las lombrices, como su capacidad de biotransformar y además aceleran la descomposición de la materia orgánica. Este organismo desempeña un rol importante en la naturaleza, ya que se le atribuye de ser muy eficiente en su conversión en bioabono y que estabiliza el pH de 7.09 a 8.17 en rangos próximos a neutrales, y aporte de materia orgánica entre 6.60 a 7.40 %, con alto contenido de fósforo especialmente los sustratos de origen animal, Potasio de 0.42 a 4.77 Meq/100, Calcio de 7.50 a 21.50 Meq/100 y Magnesio de 9.45 a 19.17 Meq/100 (Rodríguez, 2020, p. 1). Considerando que las lombrices tienen un mejor resultado en aporte de nutrientes al usar sustratos de origen animal, se vio por conveniente emplear el estiércol de ganado vacuno por la fácil disponibilidad de la zona de estudio.

La acción de la lombriz no es única; en la descomposición intervienen junto con los microorganismos degradadores aeróbicos (hongos, bacterias y actinomicetos), otros organismos: amilolíticos, lipolíticos, celulolíticos, ligninolíticos, amonificantes, fijadores de nitrógeno de vida libre, desnitrificantes y nitrificantes, que ayudan a digerir las sustancias que componen la materia orgánica (Domínguez, Aira y Gómez, 2009, p. 100).

Los microorganismos eficientes (ME) son una combinación de microorganismos beneficiosos de cuatro géneros principales: Bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación. Estos ME cuando entran en contacto con materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatados y fundamentalmente sustancias antioxidantes. Además, mediante su acción cambian la micro y macroflora de los suelos y mejoran el equilibrio natural, de manera que los suelos causantes de enfermedades se conviertan en suelos supresores de enfermedades, y ésta se transforme a su vez en tierra (suelo) azimogénico. A través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus Piedrabuena (2003).

Ante la necesidad de buscar alternativas de biodegradación del hidrogel del pañal (a partir de ahora denominaremos hidrogel) con el empleo de macroorganismos (lombriz californiana) y microorganismos (microorganismos eficientes), se planteó como objetivo evaluar el efecto de la aplicación o no de los microorganismos eficientes a

través de la reproducción de lombrices y producción de humus con y sin hidrogel.

## METODOLOGÍA

### Localización

La investigación se realizó en el Departamento de La Paz, provincia Nor - Yungas del Municipio de Coroico en la comunidad de Carmen Pampa. Localizada a una altitud de 1850 msnma 16° 15' 31" de latitud Sur y 67° 41' 35" de longitud Oeste. Según, Alarcón (2008, p. 20) señala que la zona presenta una precipitación por encima de los 2000 mm/año, por lo que es considerada una región muy húmeda reportándose una humedad relativa media de 70,89%. La fluctuación de temperaturas oscila

entre 17-24 °C y registrando una temperatura media de 18,27 °C y la velocidad media del viento de 0,91 m/s.

### Diseño experimental

El experimento corresponde a un Diseño Completamente al Azar. El factor A estaba constituido por los niveles (con y sin microorganismos eficientes) y factor B (con y sin hidrogel). Las unidades experimentales fueron distribuidas al azar, resultante de la combinación de dos factores con dos niveles se tiene 4 tratamientos y cada uno de ellos con 4 repeticiones obteniéndose un total de 16 Unidades Experimentales (UE) como se aprecia en la tabla 1.

**Tabla 1.** Combinación de tratamientos resultantes de los factores de estudio

Tratamientos	Con o sin microorganismos	Con o sin hidrogelgel
T-1	Con microorganismos eficientes	Con hidrogel
T-2	Con microorganismos eficientes	Sin hidrogel
T-3	Sin microorganismos eficientes	Sin hidrogel
T-4	Sin microorganismos eficientes	Con hidrogel

**Nota.** En esta tabla se presenta la combinación de los tratamientos resultantes: T1 (con microorganismos eficientes e hidrogel), T2 (con microorganismos eficientes sin hidrogel), T3 (sin microorganismos eficientes e hidrogel) y T4 (sin microorganismos eficientes y con hidrogel).

### Procedimiento

El estudio se llevó a cabo dentro de un ambiente atemperado, homogéneo y controlado, para ello se inició con el acondicionamiento del ambiente, el mismo que consistió desde la limpieza general hasta la construcción de las cajas de madera de dimensiones 30\*20\*15 cm (largo x ancho x profundidad). El registro promedio de temperatura del ambiente promedio fue de 21 °C y 80% HR.

### Preparación de sustratos

Inicialmente se realizó la colecta de pañales de bebe de los contenedores de basura de los centros poblados cerca de la Comunidad de Carmen Pampa y de Coroico. En total para todo el experimento se empleó 500 pañales que equivale aproximadamente 650 Kg. En todo el procedimiento se tomó las medidas preventivas de bioseguridad para el operario durante la manipulación a través del empleo de guantes de goma, gorra y barbijo. De todo el pañal, para el estudio se extrajo solo el gel sin restos de plásticos, resorte y bandas adhesivas, estos últimos fueron colocados en botellas pett para la obtención de ecoladrillos.

Para la elaboración de los sustratos, en el caso de los tratamientos en las que se adicionó el hidrogel, el mix a preparar fue en similar proporción, es decir 1:1 de hidrogel y abono de bovino (peso de 14,72 kg=S1). No obstante, el sustrato testigo, es decir sin hidrogel solo se adicionó el estiércol de ganado bovino (peso de 14,72 kg=S2).

Para la activación de los microorganismos eficientes en un recipiente se vertió 2,5 litros de ME, provenientes de la empresa EM-1 (EDKA - CBBA) a la cual se adiciono 2,5 litros de melaza para inducir su activación y multiplicación de los microorganismos. Este recipiente fue sellado herméticamente por un lapso de 15 días.

Una vez obtenido los sustratos y los microorganismos eficientes se procedieron a someter a los tratamientos establecidos en la Tabla 1. Para ello, se preparó dos envases las que contenían el mix del S1 (con 50% de hidrogel y 50% estiércol de bovino) y S-2 testigo (100% estiércol de bovino) a las cuales se le adiciono 5 litros de la solución fermentada con los microorganismos eficientes. No obstante, a los

en otros dos tachos que contenían el S1 y S2 se adiciono solo 5 litros de agua.

Al final todo el experimento se tuvo 16 unidades experimentales y a cada una se adicionó 50 lombrices roja californianas y después fueron tapados con cartones para la mantener la humedad, reducir la luminosidad y evitar el ataque de agentes externos. El riego se realizó día por medio con regadera manual durante un minuto, con una equivalencia de aproximadamente de 200 ml por unidad experimental, esto con el fin que el sustrato mantenga la humedad.

### VARIABLES EVALUADAS

El pH, fue medido con la ayuda de un phmetro el sustrato de cada una de la UE antes de la incorporación de las lombrices, al mismo que se consideró como pH inicial. Después, nuevamente se registró pH al finalizar la investigación del sustrato (ph final). En base a la toma de ambos datos por diferencia se calculó la variación del pH (cam pH).

Días de descomposición, se realizó el registro del tiempo que requiere en descomponer cada uno de los sustratos de las 16 UE, observando a través de la generación de humus de lombriz.

## RESULTADOS

### pH

De acuerdo al análisis de varianza (ANVA) para la variable pH inicial presentó diferencias significativas ( $F=12,94$ ;  $GL_{1,6}$ ;  $P<0.05$ ) en el factor A con y sin microorganismos eficientes (ME). Sin embargo, para este mismo factor, para las variables pH final y variación de ambos pH no se presentaron diferencias significativas ( $F=1,61$ ;  $GL_{1,6}$ ;  $P>0.05$ ) y ( $F=6,01$ ;  $GL_{1,6}$ ;  $P>0.05$ ) respectivamente. Mediante la **figura 1** se observa que la adición de ME con y sin hidrogel presenta un pH de 5,65 y 6,38 respectivamente. Entre tanto sin ME el pH inicial con y sin hidrogel tiende acidificarse de 5,57 y 4,53 respectivamente.

Con respecto, al efecto del hidrogel (factor B) en las tres variables de pH inicial, final y la variación no se presentaron diferencias estadísticas ( $F=0,37$ ;  $GL_{1,6}$ ;  $P>0.05$ ) ( $F=0,46$ ;  $GL_{1,6}$ ;  $P>0.05$ ) y ( $F=0,87$ ;  $GL_{1,6}$ ;  $P>0.05$ ) respectivamente.

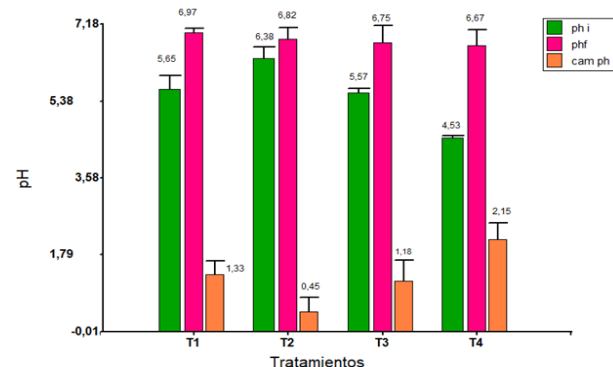
Reproducción de lombrices, al cabo de un mes de evaluación se realizó el conteo del total de lombrices de cada UE y por diferencia de 50 lombrices mismo que fueron incorporadas al inicio de la investigación se calculó el número de lombrices producidas.

Producción de humus de lombriz, del total del material descompuesto de cada UE se procedió al pesaje del humus de lombriz producido en Kg.

Tiempo de escorrentía de los sustratos para evaluar esta variable se colectó el humus producido del T1 (Con microorganismos eficientes y gel del pañal) y esta fue comparada con el humus producido en el lombricario de la Unidad Académica Carmen Pampa, al cual se le asignó el código T2 (humus del lombricario UAC).

### Análisis estadístico

Se aplicó análisis de varianza para determinar si existe o no diferencias significativas entre los factores, así también entre las interacciones a un nivel de significancia de 0,05. En caso, de encontrarse diferencias significativas se realizó la prueba Duncan (5%). La información se analizó empleando el programa estadístico Info Stat/L versión 2018 (Di Rienzo, Casanoves, Balzarini, Gonzalez, Tablada, Robledo, 2018).

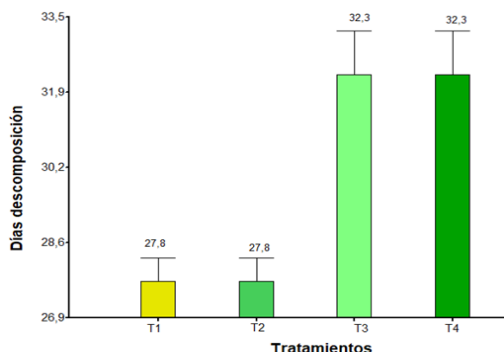


**Figura 1.** Nota. Registro de pH inicial (ph i) y final (ph f) y diferencia de ph inicial y final (cam ph) con y sin microorganismos (FA) y con y sin hidrogel (FB). Tratamientos resultantes: T1 (Con microorganismos eficientes e hidrogel), T2 (Con microorganismos eficientes sin hidrogel), T3 (Sin microorganismos eficientes sin hidrogel) y T4 (Sin microorganismos eficientes y con hidrogel).

### Días de descomposición

Según el análisis de varianza (ANVA) el tiempo que se requiere en días para la descomposición de los microorganismos eficientes (FA) presentó diferencias significativas ( $F=150,43$ ;  $GL_{1,6}$ ;  $P<0.05$ ). No obstante, para el factor B (con y sin hidrogel) no se evidenciaron diferencias

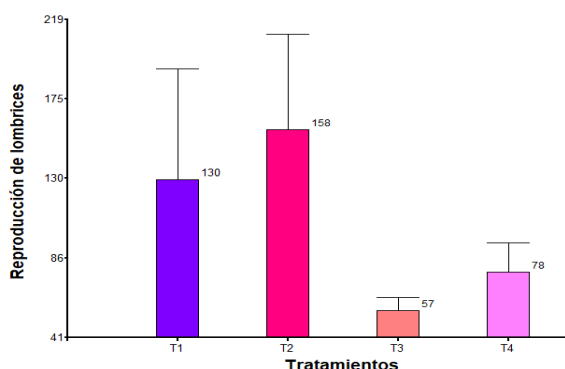
significativas ( $F=0,00$ ;  $GL_{1,6}$ ;  $P>0,05$ ). A través de la **figura 2** se observa que en los tratamientos que tenían la presencia de ME el tiempo de descomposición fue menor en relación a la ausencia de ME. Es así, que los tratamientos 1 y 2, el tiempo de descomposición en días fue de 27,8. Mientras que en los T3 y T4 requirió un tiempo de descomposición de 32,3 días, es decir 4,5 días más.



**Figura 2.** Días de descomposición con y sin microorganismos (FA) y con y sin pañales (FB). Tratamientos resultantes: T1 (Con microorganismos eficientes e hidrogel), T2 (Con microorganismos eficientes sin hidrogel), T3 (Sin microorganismos eficientes sin hidrogel) y T4 (Sin microorganismos eficientes y con hidrogel).

### Reproducción de lombrices

El ANOVA para la producción de lombrices para el FA detecta diferencias significativas ( $F=14,36$ ;  $GL_{1,6}$ ;  $P<0,05$ ). Sin embargo, para el FB no mostró diferencias significativas ( $F=1,51$ ;  $GL_{1,6}$ ;  $P>0,05$ ). Con relación a los tratamientos con microorganismos (T1 y T2) se denota que se tiene mayor proliferación de lombrices en relación a los sustratos que no tenían microorganismos eficientes (T3 y T4) ver figura 3.

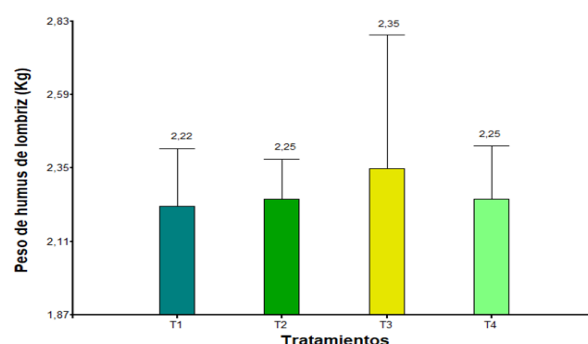


**Figura 3.** Reproducción de lombrices con y sin microorganismos (FA) y con y sin pañales (FB). Tratamientos resultantes: T1 (Con microorganismos eficientes e hidrogel), T2 (Con microorganismos eficientes sin hidrogel), T3 (Sin microorganismos eficientes sin hidrogel), T4 (Sin microorganismos eficientes y con hidrogel).

eficientes sin hidrogel) y T4 (Sin microorganismos eficientes y con hidrogel).

### Producción de humus de lombriz

El ANOVA para la producción de humus de lombriz en el FA y FB no mostró diferencias significativas ( $F=0,62$ ;  $GL_{1,6}$ ;  $P>0,05$ ) y ( $F=0,77$ ;  $GL_{1,6}$ ;  $P>0,05$ ) respectivamente. De acuerdo a la **figura 4** se denota que la cantidad de humus de lombriz producida fue similar en todos los tratamientos con un rango de amplitud de 2,22 a 2,35 Kg. Estos resultados dan a suponer que la presencia en similar cantidad del número de lombriz probablemente contribuye en la producción orgánica de abonos en similar proporción.



**Figura 4.** Registro de peso de humus de lombriz con y sin microorganismos (FA) y con y sin pañales (FB). Tratamientos resultantes: T1 (Con microorganismos eficientes e hidrogel), T2 (Con microorganismos eficientes sin hidrogel), T3 (Sin microorganismos eficientes sin hidrogel) y T4 (Sin microorganismos eficientes y con hidrogel).

### Tiempo de escurritía de los sustratos

Según la prueba T para la producción de humus de lombriz en relación al tiempo de escurritía denota diferencias significativas ( $T=4,55$ ;  $GL_{1,6}$ ;  $P<0,05$ ). De acuerdo a los resultados se observó que el T1 (Con microorganismos eficientes y gel del pañal) fue la que requirió mayor tiempo de infiltración de 8 horas en relación a la T2 (humus del lombricario Unidad Académica Campesina Carmen Pampa). Con ello se constataría que el humus producido por la adición de pañales genera en un mayor tiempo de retención de agua lo cual probablemente sea apropiado usar este humus en suelos agrícolas u otros que tengan problemas de retención de agua o sequía.

## DISCUSIÓN

### pH

Al presentar pH inicial cercano al neutro por la presencia de los ME con y sin hidrogel podría deberse a que los ME tienen la cualidad de aumentar ligeramente el pH del sustrato a

parámetros cercanos de 7, tal como señalan Tanya y Leiva (2019, p. 100) que la acción de los microorganismos es tender a neutralizar el pH con el fin de incrementar la diversidad de microorganismos y facilitar la reproducción de EM bajo fermentación anaeróbica.

Mientras, al no haber presentado diferencias en los 4 tratamientos del pH final por la acción del hidrogel o su ausencia de este, se lo puede atribuir a la presencia de lombrices en todas las U.E. Esto concuerda con el estudio realizado por Salinas, Sepulveda y Sepulveda (2014) quienes señalan que las lombrices tienden a tener un rango de pH entre 8,67 y 7,86 y en este trabajo se obtuvieron pH comprendidos entre los rangos de 6,97; 6,82; 6,75 y 6,67.

### Días de descomposición

Una de las cualidades de los microorganismos, es la descomposición de residuos orgánicos, este resultado claramente se refleja en la **figura 2** en T1 y T2 donde se denota menor tiempo de descomposición, lo que es explicada por (Villegas y Laines, 2017, p. 393, 400) quienes indican actividad de microorganismos es descomponer la materia orgánica como una de sus funciones además de cumplir otras como ser mejorar la absorción de nutrientes para las plantas, mejoran el sistema inmunológico de plantas y animales, entre otras.

El mecanismo de compatibilización para el proceso de descomposición se da cuando los microorganismos efectivos, entran en contacto con la materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatados y antioxidantes. Cambian la microflora y macroflora de la tierra y mejora el equilibrio natural de manera que la tierra que causa enfermedades se convierte en tierra que suprime enfermedades, y esta a su vez tiene la capacidad de transformarse en tierra azimogénica. Los efectos antioxidantes promueven la descomposición de materia orgánica y aumenta el contenido de humus. Esto ayuda a mejorar el crecimiento de la planta y sirve como una excelente herramienta para la producción sostenible en la agricultura orgánica (EM Research Organization (2007) citado en Prado (2017 p. 14, 15).

El tiempo requerido en descomposición de desechos sólidos (desechos de la ciudad, residuos de cocina) según ME Research Organization, (2007) citado en Prado (2017, p. 15) normalmente la descomposición de los desechos tarda varios meses, con la aplicación de EM tarda únicamente de 4 a 6 semanas (20 a 30 días). En el presente trabajo, a pesar de no tratarse de desechos de cocina sino de geles de pañales, es

sustancialmente reducido para descomponerlo con ello se constataría que estos ME realmente aportan en la biotransformación de estos desechos de amplio uso cotidiano que no fácilmente son degradados de manera natural.

Según Martínez, Alvarado, López y Esquivel (2016, p. 40, 46) mencionan que los pañales desechables tardan entre 300 y 400 años en descomponerse por completo, frente a los biodegradables que lo hacen en un tiempo estimado entre 1 y 5 años. Esto debido a que los pañales desechables están conformados de capas de celulosas. Además, entre otro de los componentes químicos entre los que destacan el poliacrilato de sodio; dioxinas -sustancia cancerígena- además del tributil-estaño, un contaminante tóxico del que se conoce causa problemas hormonales.

En un estudio realizado en biodegradación de pañales Martínez, Alvarado, López y Esquivel (2016, p. 44) mediante el empleo de termitas denominadas “comején” (Isópteras), estos tienen la función de alimentarse de las capas que contiene los pañales desechables y de esta manera degradar este desecho el tiempo que requiere es de 100 días aproximadamente.

Con el empleo de bioreactores con y sin pañales de acuerdo a los reportes de Sotelo, Espinosa, Beltrán, (2012, p. 5) menciona que logro descomponer solo el gel de pañal en un 87%, entretanto los restos de polipropileno, polietileno, gomas y adhesivos, propios de la composición no fue posible su descomposición con ello se constataría que estos aditamentos no son fácilmente degradables y los autores recomiendan de usarlos como soportes en cultivo hidropónico con previa verificación de su grado de toxicidad para los cultivos.

Como se antecedió el uso de agentes vivos microorganismo eficientes y macroorganismos (isópteras) para la degradación de pañales es mecanismo biológico de afrontar este tipo de problemas ambientales que se tiene todo con el fin de disminuir la contaminación y de agentes potencialmente nocivos para la salud de un ecosistema como se refleja en el presente trabajo de aportar para que se puedan incorporar en las políticas de manejo de residuos sólidos generados por la población humana.

### Reproducción de lombrices

La presencia de microorganismos en los T1 Y T2 promovió mayor producción de lombrices. Este resultado probablemente se deba a que los EM son fuente de diversidad de microorganismos y al asociarse con las lombrices presenta efectos directos son directos (incremento o descenso de

sus poblaciones al digerir el sustrato) al igual que indirectos. Esta mayor producción de lombrices puede atribuirse a que las lombrices en presencia de ME participan en el proceso realizando diferentes acciones a diferentes niveles espaciales y temporales como señala Aira y Domínguez (2010, p. 392,393) que entre sus roles más importantes cabe destacar: a) la fragmentación física del sustrato orgánico que aumenta la superficie de ataque para los microorganismos al fragmentarlo; b) la modificación, transporte e inóculo de la microflora presente en el residuo; y c) la aireación del sustrato a través de sus actividades de excavación y deyección. De hecho, las transformaciones de las propiedades físico-químicas y bioquímicas de los sustratos orgánicos y la rapidez con que estas transformaciones ocurren hacen del proceso de vermicompostaje un buen sistema para estudiar las relaciones entre las lombrices de tierra epigeas y los microorganismos. No obstante, la mayoría de los resultados publicados hacen referencia únicamente a las diferencias en parámetros químicos y microbiológicos entre el residuo fresco y el vermicompost.

### Producción de humus de lombriz

Al no presentar diferencias en la producción de humus de lombriz. En este caso probablemente se deba probablemente a la presencia de las lombrices serían las que están incidiendo en la producción de humus en los 4 tratamientos. Al respecto Domínguez y Aira (2009 p. 23,25) mencionan que las lombrices de tierra modifican la biomasa microbiana y su actividad de forma

directa a través de la estimulación, digestión y dispersión de los microorganismos e interactúan con otros componentes biológicos del sistema del suelo, afectando en consecuencia a la estructura de las comunidades de la microflora y de la microfauna. Las lombrices participan en la descomposición de la materia orgánica a través, en primer lugar, de los procesos asociados al paso a través de sus intestinos (PAIs), que incluyen todas las modificaciones orgánicas en descomposición y los microorganismos sufren durante ese tránsito.

Otro aspecto a considerar que según Puig y González (2009, p. 62) señalan que el origen de del hidrogel en los pañales tampoco tienen ningún efecto significativo sobre la calidad del compost final en los parámetros que se han analizado, ya que en ambos casos se puede considerar que se obtiene un compost de calidad, suficientemente estabilizado e higienizado (ver datos referidos a este estudio con relación algunos parámetros medidos en la tabla 2). Al respecto Guzmán y Gómez (2017, p. 53) señalan que este humus procedente del hidrogel de los pañales es recomendado en la agricultura ya que es empleada para regulador de pH. Este efecto puede ser ventajoso para cultivos sensibles a los ácidos; pero la solución de otros elementos necesarios (P, S, Fe y otros) podría ser afectada por dicha neutralización del pH. Sin embargo, las sales de sodio tienen una tendencia a afectar negativamente a la estructura del suelo mediante la sustitución de calcio en la arcilla con sodio. En exceso, sales de sodio pueden incluso hacer estéril el suelo esta situación debe ser tratada con precaución en suelos básicos con exceso de Ca.

**Tabla 2.** Caracterización de los materiales finales en la prueba de compostaje a escala real

Parámetro	Compost sin pañales	Compost con pañales
Humedad (%)	25,7	24,0
Materia orgánica (% base seca)	63,1	56,0
pH (extracto 1:5)	9,05	8,05
Conductividad elec. (extracto 1:5, mS/cm)	2,01	1,98
N- Kjeldahl (% base seca)	2,33	1,94
Densidad aparente (kg/L)	0,36	0,40
Porosidad (espacio libre de aire, %)	61	57
E. coli (UFC/g)	< 10 Ausencia	< 20 Ausencia

Fuente: Puig-Ventosa y González-Puig (2009, p. 39)

### Tiempo de escorrentía

Al tener una mayor capacidad de retención el humus producido por el hidrogel probablemente se deba a que a la presencia del poliacrilato de sodio del pañal. Según Guzmán y Gómez (2017) que este tipo de poliacrilato a base de sodio

presenta una capacidad de infiltración entre 30 a 35%.

### CONCLUSIONES

El tiempo de descomposición de los sustratos en presencia de los microorganismos eficientes fue de menor, en relación a la ausencia de estos microorganismos eficientes de 27,8 y 32,3 días respectivamente. Similar patrón se presentó en cuanto a la mayor producción de lombrices en los sustratos con ME que sin estos. Con relación a la producción de humus fue similar en todos los tratamientos obteniéndose un rango de los 4 tratamientos entre 2,22 a 2,35 Kg.

El humus producido a partir del hidrogel presenta mayor capacidad de retención de humedad en comparación al humus sin hidrogel (produce habitualmente en el lombricario de la UAC-CP).

El presente trabajo respondería a uno de principales problemas que está suscitándose en centros poblados urbanos y rurales además se constituirá en una oportunidad para la obtención de abono orgánico (humus de lombriz) con la incorporación del hidrogel como un mecanismo retención de agua en sustrato para los suelos agrícolas. Se sientan las bases para un aprovechamiento de este tipo de residuos a través del reciclaje biológico y contribuyendo a la gestión integral de los residuos sólidos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aira, M., Domínguez, J., Gómez (2009, Mayo). El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. *Ecosistemas* 18 (2): 20-31. Recuperado de <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=601>
- Aira, M. y Domínguez, J. (2010, agosto). Las lombrices de tierra y los microorganismos: desempeñando la caja negra del vermicompostaje. *Acta Zoológica mexicana* nro. 2 385-395. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v26nspe2/v26nspe2a29.pdf>
- Alarcón, E. (2008). Biodiversidad de insectos de las familias Syrphidae y Carabidae entre nichos ecológicos (Bosque. Borde del bosque y Área de cultivo) en tres comunidades del municipio de Coroico. Nor Yungas. La Paz. [Tesis de Pre Grado]. Unidad Académica Campesina – Carmen Pampa – Universidad Católica Boliviana. La Paz – Bolivia.
- Banco Mundial. (2012). *What a Waste*. Washington, DC: World Bank. Recuperado de <http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/>
- 3363871334852610766/What\_a\_Waste2012\_Final.pdf
- Domínguez, JJ., Aira M., y Gómez M. (2009, mayo). Vermicomposting: Earthworms enhance the work of microbes. pp. 93-114. In: H. Insam, I. Franke-Whittle, and M. Goberna (eds.). *Microbes at work: From wastes to resources*. SpringerVerlag, Berlin
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2017, Octubre). Residuos sólidos en ciudades capitales y El Alto llegó a más de un millón de toneladas.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. *InfoStat* versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Guzmán, S. y Gómez, JC. (2017). Viabilidad técnica, ambiental, social y financiera, en la utilización del hidrogel, en un cultivo de uchuva (*Physalis peruviana*) del municipio de Buenavista - Boyacá (Colombia). Proyecto de Pre-grado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogota Colombia. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5934/1/GuzmanFrenchSandraGiselle.GomezHernandezJuanCamilo.2017.pdf>
- Martínez, G., Alvarado, S., López, L. y Esquivel, NG. (2014, Febrero, 28) COMEGEL. *Revista del Desarrollo Urbano y Sustentable* Volumen (2), pp. 40-46. Recuperado de [https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Desarrollo\\_Urbano\\_y\\_Sustentable/vol2num5/Revista\\_del\\_Developmento\\_Urbano\\_y\\_Sustentable\\_V2\\_N5\\_4.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Desarrollo_Urbano_y_Sustentable/vol2num5/Revista_del_Developmento_Urbano_y_Sustentable_V2_N5_4.pdf)
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Guía de educación ambiental en la gestión integral de residuos sólidos (2016, noviembre).
- Salinas, F., Sepúlveda, L. y Sepúlveda, G. (2014). Evaluación de la calidad química del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) elaborado a partir de cuatro sustratos orgánicos en Arica. Volumen 32, N° 2. Páginas 95-99. Chile.



- Sotelo P, Espinosa R., Beltrán M., Vázquez A. (2012). Evaluación de la degradación de pañales desechables usados mediante composteo en biorreactores aerobios. Recuperado de <http://www.aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/07/330-Mexico-oral.pdf>
- Tanya, M., y Leiva, Mora. (2019, Junio). Microorganismos ecientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. Vol 46, Nro2 93-103, ISSN papel: 0253-5785 ISSN on line: 2072-2001
- Prado, X. (2017). Tratamiento de los residuos sólidos generados en sanitarios ecológicos mediante el uso de microorganismos eficientes en un proceso de compostaje. [Tesis de grado de magister scientiae]. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima Perú.
- Piedrabuena, P. (2003, febrero). Microorganismos eficientes: que son? Recuperado <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid>.
- Puig, I. y González A. (2009, Febrero). Viabilidad de la recogida y el tratamiento de pañales de un solo uso en Cataluña. Ent, environment and Management. Recuperado de [http://residus.gencat.cat/web/.content/home/ambits\\_dactuacio/recollida\\_selectiva/residus\\_municipals/materiaorganica\\_\\_form\\_-\\_fv/jornades\\_\\_estudis\\_i\\_enllacos/bolquers\\_es.pdf](http://residus.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/recollida_selectiva/residus_municipals/materiaorganica__form_-_fv/jornades__estudis_i_enllacos/bolquers_es.pdf)
- Villegas, VM. y Laines, J.R. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 8 (2): 393-406.