

Efecto de la aplicación de microorganismos eficientes con y sin la pulpa de celulosa contenida en el gel del pañal de bebe para la producción de humus

Effect of the application of efficient microorganisms with and without the cellulose pulp contained in the baby diaper gel for the production of humus

Máximo Nova Pinedo¹ y Beatriz Mamani Sánchez²

¹Unidad 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.
maxcasanova100@gmail.com

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

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 el tercer artículo más usado por el hombre. En este sentido, se realizó un estudio la aplicación de microorganismos eficientes con y sin la pulpa de celulosa contenida en el gel del pañal de bebe para la producción de humus. La preparación de sustrato (mix) consistió en la mezcla en similar proporción de abono de vacuno y la pulpa de la celulosa contenida en el gel del pañal, 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 adicionó 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 adiciono 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 la pulpa del gel del 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, 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 the third item most used by man. In this sense, a study was carried out on the application of efficient microorganisms with and without the cellulose pulp contained in the baby diaper gel for the production of humus. The substrate preparation (mix) consisted of mixing in a similar proportion of beef manure and the pulp of the cellulose contained in the diaper gel, without plastic residues, 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 separate hermetic containers. In the first container, water was added; and in the other the solution of efficient microorganisms and they were closed for 15 days. Afterwards, the substrates of each treatment were poured 2 kg / box to each one of them and 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 the pulp of the diaper gel; 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, baby diapers, worms.

1 INTRODUCCIÓN

Según el reporte del (Banco-Mundial, 2018), titulado “What a Waste 2.0” (2018), el mundo genera 2.010 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. Todos éstos residuos están “ahogando” los océanos, lagos, ríos, está obstruyendo los drenajes y causando inundaciones, transmitiendo enfermedades, aumentando las afecciones respiratorias por causa de la quema, se está convirtiendo el planeta en un sumidero. Por lo que, el panorama no es alentador, las estimaciones sugieren que esa cifra incrementaría a 3.400 millones de toneladas de residuos sólidos para el año 2050.

En Bolivia, según 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 5.400 toneladas día. De ésta cifra, según datos del (INE, 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. Los datos del Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos del 2011, del Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico tuvieron un incremento de más del 20%.

Según la Voz de (Suroeste, 2015) 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 265.000 toneladas métricas de pulpa de madera y 75.000 toneladas métricas de plástico para la fabricación de pañales desechables.

Lamentablemente, la gran mayoría de los desperdicios sólidos generados por desechos de pañales no se eliminan en vertederos especializados, más al contrario son arrojados a cuerpos de agua con mayor frecuencia a los ríos y/o a la intemperie. Al respecto, según publicaciones de (Suroeste, 2015) se calculó que un bebé utiliza una media de seis pañales al día, esto supone unos 5.400 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 (Suroeste, 2015). Los pañales además de celulosa como principal componente contienen productos derivados del petróleo altamente contaminantes (Garmendia, 2010). Por ende, la problemática de los pañales desechables radica en su composición, ya que están fabricados con un mínimo de 3 capas de materiales diferentes: una primera capa de polipropileno que impide el retorno de la humedad, una segunda de celulosa en copos o fluff, y una capa exterior impermeable de polietileno (Castro J. C., 2016). Por ello, se estima que requieren de más de 200 años para su completa descomposición (Puig-Ventosa, 2019).

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 & Pineda, 1997). 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, Bohlen, & y Parmelee, 2004).

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) citado en (Cuevas & Martínez, 2017)

Considerando que el uso de pañales año tras año va a incrementando por el crecimiento de la natalidad, y a la par el aumento del consumo de pañales de bebe destinados a infantes menores a 5 años, esta realidad no es solo para Bolivia, si no también se refleja en otros países. Por otra parte, se conoce que se emplean diferentes microorganismos por ejemplo hongos del genero basidiomicetos (Castro C. , pág. 8) y *Pleurotus* (Delfin & Duran, 2003) macro organismos así por ejemplo en procesos de descomposición de residuos urbanos generado. Es en este sentido, el presente trabajo se plantea como objetivo evaluar la producción de humus con y sin la aplicación de microorganismos eficientes con y sin la pulpa de celulosa contenida en el gel del pañal. Al igual que determinar la variación del pH, tiempo de descomposición, reproducción de lombrices por efecto de la aplicación de los microorganismos eficientes y la pulpa de la celulosa del gel del pañal. Comparar el tiempo de escorrentía del humus producido con la pulpa celulosa del gel del pañal y sin este aditamento.

2 METODOLOGÍA

2.1 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 1.850 m s.n.m. a 16° 15'31" de latitud Sur y 67°41'35" de longitud Oeste. Según, (Alarcón, 2008) señala que la zona presenta una precipitación por encima de los 2.000 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.

2.2 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 pañales de bebés). 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 siguiente tabla

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

Tratamientos	Con o sin microorganismos	Con o sin gel del pañal
T-1	Con microorganismos eficientes	Con gel del pañal
T-2	Con microorganismos eficientes	Sin gel del pañal
T-3	Sin microorganismos eficientes	Sin gel del pañal
T-4	Sin microorganismos eficientes	Con gel del pañal

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, y también la construcción de las cajas de madera de dimensiones 30*20*15 cm³ (largo x ancho x profundidad). El registro promedio de temperatura del ambiente promedio fue de 21°C y 80% HR.

2.3 Preparación de sustratos

Inicialmente se realizó la colecta de pañales de bebé de los contenedores de basura de centros poblados cerca de la Comunidad de Carmen Pampa y 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. El procedimiento de extracción del pañal consistió con la ayuda de una tijera se cortó la capa externa del pañal, que está formada por polietileno, también se separó los restos de plásticos, resorte y bandas adhesivas, y estos últimos fueron colocados en botellas PET para la obtención de ecoladrillos. Quedando solo son la pulpa del gel para el trabajo de experimentación.

Para la elaboración de los sustratos (denominación atribuida al mix de los elementos a usar para someter a evaluación), en el caso de los tratamientos en las que se adicionó el gel del pañal, el mix a preparar fue en similar proporción, es decir 1:1 de gel de pañal y abono de bovino (peso de 14,72 kg=S1). No obstante, el sustrato testigo, es decir sin el gel del pañal 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 L de ME (microorganismos eficientes), provenientes de la empresa EM-1 (EDKA-CBBA) a la cual se adicionó 2,5 L de melaza para inducir su activación y multiplicación de los microorganismos. Este recipiente fue sellado herméticamente por un lapso de 15 días, tal cual recomendado por el producto.

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 (abono de bovino con gel de pañales) y S-2 testigo (sin gel de pañales solo abono de bovino) a las cuales se le adicionó 5 L de la solución fermentada con los microorganismos eficientes. No obstante, en los otros dos tachos que contenían el S1 y S2 se adicionó solo 5 L de agua.

Al final todo el experimento tuvo 16 unidades experimentales y a cada una se adicionó 50 lombrices roja californianas y después cada caja de la unidad experimental 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.

2.4 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.

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).

2.5 Análisis estadístico

Se aplicó análisis de varianza para determinar si existe o no diferencias significativas entre los factores sobre la media de una variable y así también entre las interacciones a un nivel de significancia de 0,05. En caso, de encontrarse diferencias significativas entre tratamientos se realizó la prueba Duncan (5%). La información se analizó empleando el programa estadístico (Info Stat/L versión 2018) citado en (Di-Rienzon, y otros, 2018).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 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 de 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 gel de pañales presenta un pH de 5,65 y 6,38 respectivamente. Entre tanto, sin ME el pH inicial con y pañales tiende acidificarse de 5,57 y 4,53 respectivamente. Esto daría a suponer que los EM tienen la cualidad de aumentar ligeramente el pH del sustrato a parámetros cercanos de 7, tal como señalan (Tanya & y Leiva, 2019) que la acción de los microorganismos es tender a neutralizar el pH en el medio que se encuentran, esto con la finalidad de incrementar la diversidad de microorganismos y facilitar la reproducción de EM bajo fermentación anaeróbica.

Con respecto, al efecto del gel del pañal (factor B) en las tres variables de pH inicial, final y el cambio de pH 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. Al no haber diferencias en los 4 tratamientos del pH final tal situación se puede atribuir a la presencia de lombrices en todas las UE. Esto concuerda con el estudio realizado por (Salinas-Vásquez, Sepúlveda-Morales, & Sepúlveda-Chavera, 2014) quienes señalan que las lombrices tienden a mantener estable su población en un rango de pH entre 8,67 y 7,86.

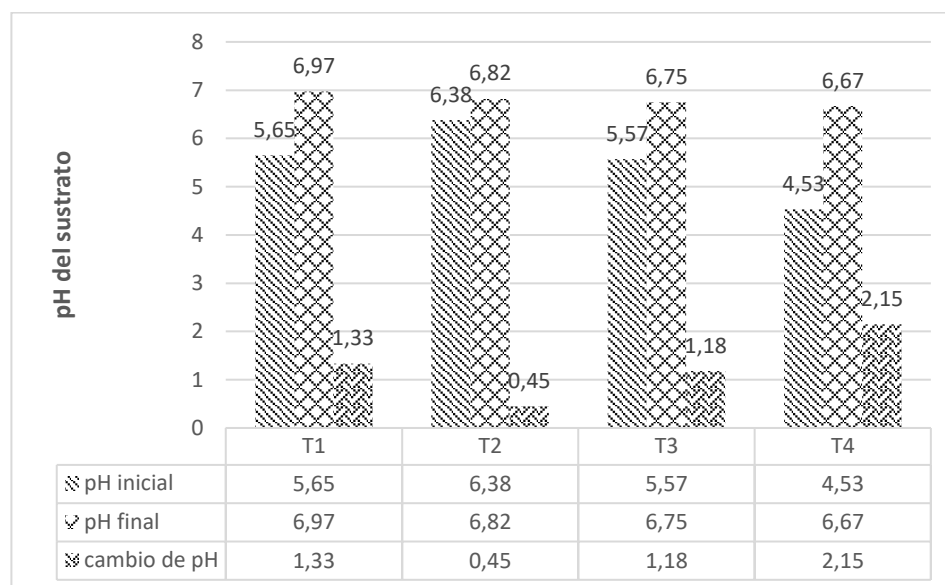


Figura 1: Registro de pH inicial (pH i) y final (pHf) y diferencia de pH inicial y final (cam pH) con y sin microorganismos (FA) y con y sin pañales (FB). Tratamientos resultantes: T1 (Con microorganismos eficientes y gel del pañal), T2 (Con microorganismos eficientes Sin gel del pañal), T3 (Sin microorganismos eficientes y sin gel del pañal) y T4 (Sin microorganismos eficientes y con gel del pañal).

3.2 Días de descomposición

Según el análisis de varianza (ANVA) los días que se requiere de 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 pañales) 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.

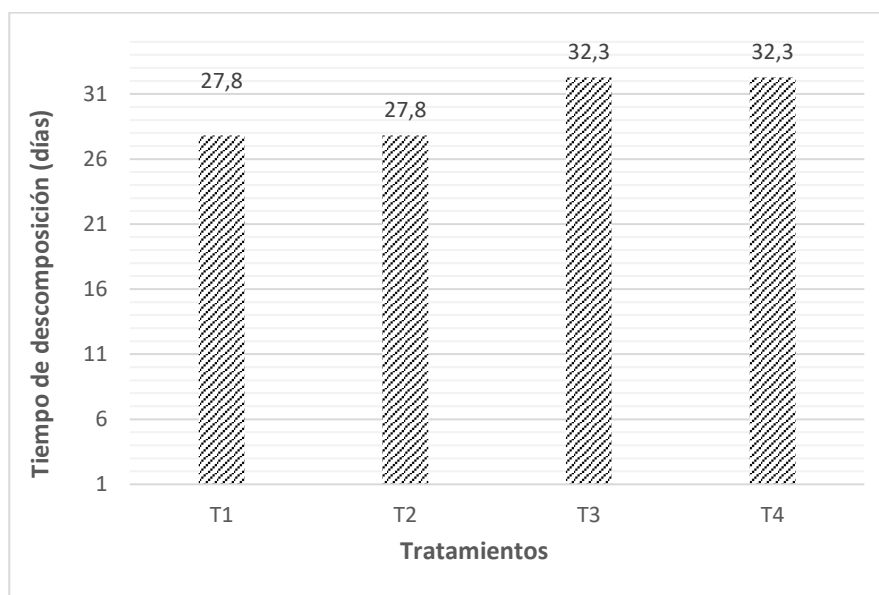


Figura 2: Días de descomposición con y sin microorganismos (FA) y con y sin pañales (FB). Tratamientos resultantes: T1 (Con microorganismos eficientes y gel del pañal), T2 (Con microorganismos eficientes Sin gel del pañal), T3 (Sin microorganismos eficientes y sin gel del pañal) y T4 (Sin microorganismos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

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-Cornelio & y Laines, 2017) 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.

Los efectos antioxidantes de los microorganismos 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-García, 2017) .

El tiempo requerido en descomposición de desechos sólidos (desechos de la ciudad, residuos de cocina) según ME Research Organization, (2007) citado en (Prado-García, 2017) normalmente la descomposición de los desechos orgánicos 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 descomposición del contenido de la celulosa del gel de pañal. Este artículo es de uso cotidiano que no fácilmente son degradados de manera natural o requeriría de mayor tiempo. Según Martínez *et al* (2016) 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. En el presente trabajo probablemente este tiempo de espera de transformación se deba a que solo se empleó el gel del pañal, el mismo que equivaldría al contenido de celulosa, y según (Espinosa-Valdemar, Turpin-Marion, Delfín-Alcalá, & Vázquez-Morillas, 2011) el pañal contiene 70% de fibra de celulosa el resto son materiales sintéticos inertes, inocuos y no biodegradables: polietileno, polipropileno y un polímero sintético super absorbente (SAP, por sus siglas en inglés).

En un estudio realizado en biodegradación de pañales (Martínez-Vichel, Alvarado-Santiago, López-Torres, & L, 2016) 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. Mientras en otro estudio con el empleo de bioreactores con y sin pañales de acuerdo a los reportes de (Sotelo-Navarro, Espinosa-Valdemar, Beltrán-Villavicencio, & Vázquez-Morillas, 2019) menciona que logró 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 que están constituidos por plásticos (polipropileno) no son fácilmente degradables, y los autores antes mencionados recomiendan de usarlos el polipropileno como soportes en cultivo hidropónico con previa verificación de su grado de toxicidad para los cultivos.

Como se antecedió, que el uso de agentes vivos microorganismo eficientes y macroorganismos (isópteras) para la degradación de pañales, es un 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 resultados de manera práctica para que se puedan incorporar políticas de manejo de residuos sólidos generados por la población humana.

3.3 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 lombrices.

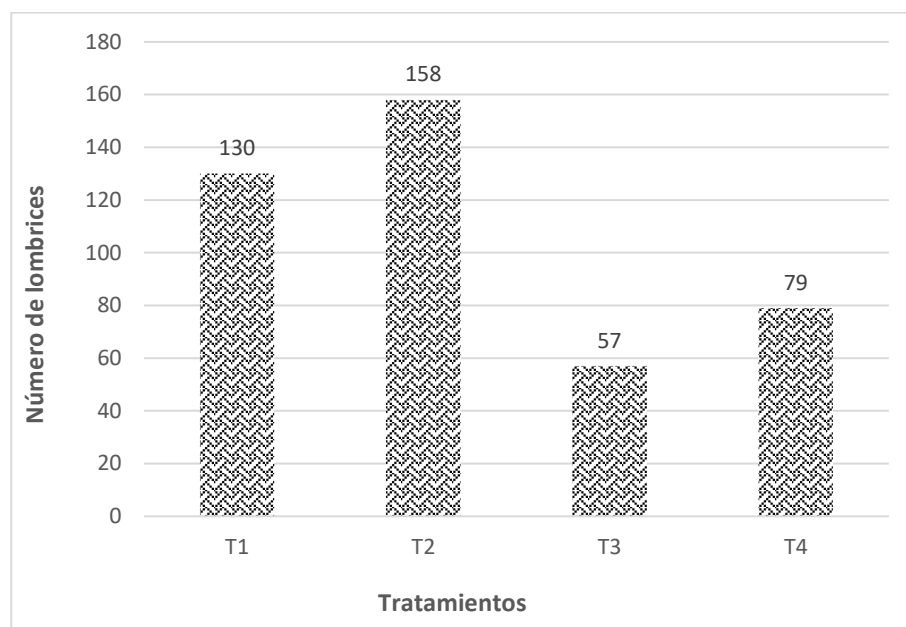


Figura 3: Reproducción de lombrices con y sin microorganismos (FA) y con y sin pañales (FB). Tratamientos resultantes: T1 (Con microorganismos eficientes y gel del pañal), T2 (Con microorganismos eficientes Sin gel del pañal), T3 (Sin microorganismos eficientes y sin gel del pañal) y T4 (Sin microorganismos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

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 (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 & Domínguez, 2010); 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.

3.4 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.

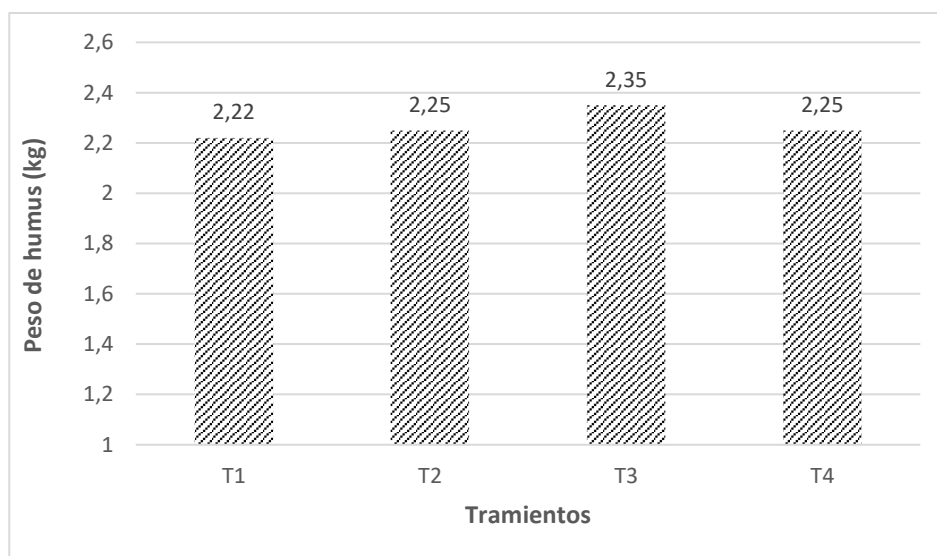


Figura 4: Registro de peso de humus de lombriz con y sin microorganismos (FA) y con y sin pañales (FB). Tratamientos resultantes: T1 (Con microorganismos eficientes y gel del pañal), T2 (Con microorganismos eficientes Sin gel del pañal), T3 (Sin microorganismos eficientes y sin gel del pañal) y T4 (Sin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

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, Aira, & Gómez, 2009) 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 interaccionan 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, que incluyen todas las modificaciones que la materia orgánica en descomposición y los microorganismos sufren durante ese tránsito.

Otro aspecto a considerar que según (Puig & González, 2009) 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 & Gómez) 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)

3.5 Tiempo de escorrentía de los sustratos

Según la prueba T para la producción de humus de lombriz en relación al tiempo de escurrimiento denota diferencias significativas ($T=4,55$; $GL_{1,6}$; $P<0,05$). De acuerdo a la **figura 5** se observa 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 UAC). 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.

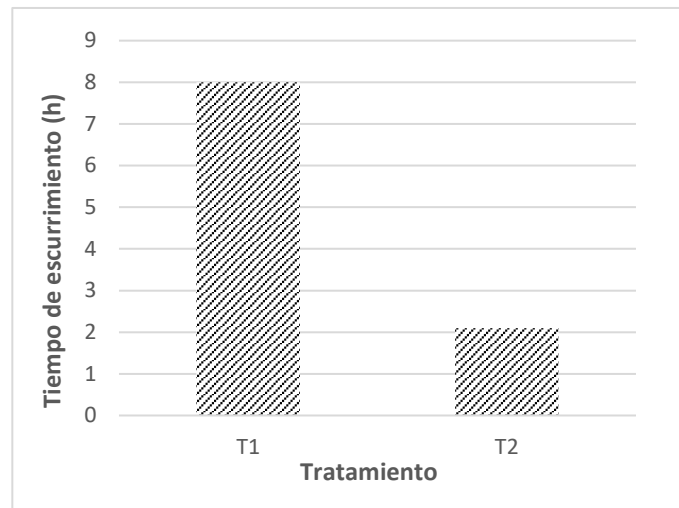


Figura 5: Tiempo de escurrimiento (horas) por efecto de la presencia de pañales y ME con relación al humus producido en el lombricario de la UAC-CP

El presente trabajo respondería a unos 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 (polímero) de los pañales como un mecanismo retención de agua en sustrato de los suelos agrícolas principalmente en áreas Altoandinas de Bolivia.

Con los hallazgos de los resultados de la investigación se podría inferir, que los gobiernos municipales en el área de medio ambiente y residuos sólidos puedan fortalecer capacidades con los agricultores, en base a esta metodología práctica y con pocos requerimientos en cuanto a equipos facilitar la obtención del humus y sean los mismos agricultores que apliquen en sus propias parcelas agrícolas, puesto que se mejora la fertilidad del suelo, al igual que la retención y disponibilidad del agua, la aireación y la descompactación del suelo. Cabe resaltar esto sería cuando se selecciona solo la pulpa del gel del pañal como se realizó en este trabajo de investigación. Sin embargo, en el proceso de descompostaje, si se agrega la integridad del pañal los residuos de los pañales desechables previo al uso de humus del lombriz, los plásticos (restos de los pañales) deben ser seleccionados o pueden ser sometidos al proceso de

reciclaje o reutilizarse, por ejemplo, en procesos hidropónicos donde podrían funcionar como soporte de las plantas.

4 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 de pulpa de gel de pañal de bebé presenta mayor capacidad de retención de humedad en comparación al humus sin hidrogel (produce habitualmente en el lombricario de la UAC-CP).

De acuerdo a los resultados se puede concluir que es posible realizar un proceso de compostaje de materia orgánica con el añadido del gel de la pulpa de celulosa de los pañales, estos geles no perjudican el proceso y se obtiene un producto con mayor capacidad de retención de agua, lo que sería favorable para zonas áridas en cultivos que dependen sólo de las lluvias. Sería una manera de valorizar parte de los pañales usados para ello se recomienda que se deberían de hacer estudios de fitotoxicidad.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Aira, M., & Domínguez, J. (2010). Las lombrices de tierra y los microorganismos: desentrañando la caja negra del vermicompostaje Departamento de Ecología y Biología Animal. *Acta Zoología Mexicana*, 385-395.
- [2] 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 Grado. Unidad Académica Campesina Carmen Pampa - Universidad Católica Boliviana, La Paz.
- [3] Banco-Mundial. (lunes de Enero de 2012). World Bank. Obtenido de Banco Mundial. 2012. What a Waste. Washington, DC: World Bank. En línea Disponible:http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/3363871334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf
- [4] Castro, J. C. (2016). Búsqueda preliminar de morfotipos fúngicos degradadores de sustrato celulósicos en residuos sólidos asociados a pañales

- desechables. Facultad de Ingenieria, Bogotá. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9484/Proyecto%20Juan%20Carlos%20Castro%20Final.pdf?sequence=3>
- [5] Cuevas, D., & Martínez, O. (2017). Plan Educativo para la Producción de Abono Orgánico Mediante Microorganismos Eficientes. *Revista Cientific*, 176-189. doi:10.29394/scientific.issn.2542-2987.2017.2.3.9.176-189
- [6] Delfin, I., & Duran, C. (2003). Biodegradación de residuos urbanos lignocelulosicos por *Pleurotus*. *Rev. Int. Contam. Ambient.*, 37-45.
- [7] Di-Rienzon, J., F., C., M.G., B., L., G., M., T., & C.W., R. (2018). *InfoStat*. Obtenido de 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>: <http://www.infostat.com.ar>
- [8] Domínguez, J., Bohlen, P., & y Parmelee, R. (2004). Earthworms Increase Nitrogen Leaching to Greater Soil Depths in Row Crop Agroecosystems. *Ecosystems*, 672– 685. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/227210984_Earthworms_Increase_Nitrogen_Leaching_to_Greater_Soil_Depths_in_Row_Crop_Agroecosystems
- [9] Espinosa-Valdemar, R., Turpin-Marion, S., Delfín-Alcalá, I., & Vázquez-Morillas, A. (2011). Disposable diapers biodegradation by the fungus *Pleurotus ostreatus*. *Waste Manage*, 1683-1688. doi:10.1016/j.wasman.2011.03.007
- [10] Garmendia. (19 de marzo de 2010). Perfil Ambiental de los Productos Higiénicos Desechables. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/mexico/03060e14.pdf>.
- [11] INE. (lunes de enero de 2017). Instituto Nacional de Estadística. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística, residuos sólidos en ciudades capitales y el alto llevo a mas de un millón.
- [12] Martínez-Vichel, G., Alvarado-Santiago, F. J., López-Torres, L., & L, y. E.-T. (2016). COMEGEL. *Revista del Desarrollo Urbano y Sustentable*, 40-46. Obtenido de https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Desarrollo_Urbano_y_Sustentable/vol2num5/Revista_del_Desarrollo_Urbano_y_Sustentable_V2_N5.pdf
- [13] Prado-García, 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 en Ciencias Ambientales. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. Obtenido de <https://1library.co/document/zlrvmgz-tratamiento-residuos-generados-sanitarios-ecologicos-microorganismos-eficientes-compostaje.html>
- [14] Prado-García, X. (s.f.). 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 en Ciencias Ambientales. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. Obtenido de <https://1library.co/document/zlrvmgz-tratamiento-residuos-generados-sanitarios-ecologicos-microorganismos-eficientes-compostaje.html>
- [15] Rodríguez, A., & Pineda, C. (1997). Producción y calidad de abono producido por medio de *Eisenia foetida* (Lombriz). San José, Costa Rica: IICA/PROMECAFE. Obtenido de <http://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=SzptAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA109&dq=lombriz+roja+californiana&>
- [16] Salinas-Vásquez, F., Sepúlveda-Morales, L., & Sepúlveda-Chavera, G. (2014). Evaluación de la calidad química del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) elaborado a partir de cuatro sustratos orgánicos en Arica. IDESIA (Arica), 95-99. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000200013>
- [17] Sotelo-Navarro, P., Espinosa-Valdemar, R., Beltrán-Villavicencio, M., & Vázquez-Morillas, A. (lunes de abril de 2019). Evaluación de la degradación de pañales desechables usados mediante composteo en biorreactores aerobios. Obtenido de Evaluación de la degradación de pañales: <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/07/330-Mexico-oral.pdf>
- [18] Suroeste, L. V. (martes de enero de 2015). La Voz del Suroeste. Obtenido de La Voz del Suroeste: <https://diariolavozdelsureste.com/2015/09/panales-desechables-y-sus-efectos-en-el-ambiente/>
- [19] Tanya, M., & y Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícola. 93-103.
- [20] Villegas-Cornelio, V. M., & y Laines, J. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 8 (2), 393-406. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8n2/2007-0934-remexca-8-02-393-en.pdf>