



Phytotoxic evaluation of liquid digestates obtained from anaerobic co-digestion of agricultural and livestock waste

Evaluación fitotóxica de digestatos líquidos obtenidos de co-digestión anaeróbica de residuos agropecuarios

Edgar Esteban Bustos-Barrera^{1*}, María Myrna Solís-Oba¹, Vanesa Chicatto-Gasperín¹, Aida Solís-Oba².

¹Instituto Politécnico Nacional - Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada,

²Universidad Autónoma Metropolitana - Departamento de Sistemas Biológicos.

*e.bustos@live.com.mx

<https://doi.org/10.29267/mxjb.2016.1.2.1>

ABSTRACT

The improper disposal of organic wastes is an environmental problem. An alternative to this problems is to use the combined anaerobic digestion (co-AD), in which organic matter is degraded by microorganisms to produce biogas and digestate, which can be used as fertilizer. Digestate comprises a liquid fraction (biol) and a solid one. In this work the phytotoxicity of bioles obtained from different conditions of co-AD was evaluated. Four batch type biodigesters treatments and a control were prepared, all at 70% capacity, 10% solids dry basis, retention time of 60 days and mesophilic temperature conditions. The treatments consisted in 80% residue of vegetables and 20% pig manure, a group of digesters was adjusted to initial pH 6 and another initial pH 8, and with or without adjusting the Carbon:Nitrogen ratio to 20:1. PH was monitored during the process. Phytotoxicity test was done through germination index (GI). GI was calculated to the bioles of weeks 3, 6 and 8 of the process of co-DA. Six bioles obtained in different weeks were not phytotoxic, the bioles obtained from co-DA where the initial pH was adjusted to 8 were growth promoters in week 6; however, the control obtained higher GI than the treatments.

Keywords: agricultural residues; anaerobic co-digestion; germination index; liquid digestate; phytotoxicity.

RESUMEN

La inadecuada disposición de residuos orgánicos es una problemática ambiental. Una alternativa es la digestión anaeróbica conjunta (co-DA), donde la materia orgánica es degradada por microorganismos para producir biogás y digestato, el cual puede usarse

como fertilizante. El digestato tiene una fracción líquida (biol) y una sólida. En este trabajo se evaluó la fitotoxicidad de bioles obtenidos de diferentes condiciones de co-DA. Se prepararon cuatro biodigestores batch y un control, todos al 70% de capacidad, 10% de sólidos base seca, tiempo de retención de 60 días y condiciones mesofílicas de temperatura, los tratamientos cargados con 80% residuo de hortalizas y 20% estiércol de cerdo. Un grupo fue ajustado a pH inicial 6 y otro a pH 8, y con o sin ajuste de relación Carbono:Nitrógeno a 20:1. Se monitoreó pH del proceso. La fitotoxicidad se midió con el índice de germinación (IG). El IG se calculó para los bioles de las semanas 3, 6 y 8 del proceso. Seis de los bioles evaluados en diferentes semanas no fueron fitotóxicos, los bioles obtenidos de las co-DA de ajuste pH 8 inicial fueron promotores de crecimiento en la semana 6, sin embargo el control obtuvo IG más altos que los tratamientos.

Palabras Clave: co-digestión anaeróbica; digestato líquido; fitotoxicidad; índice de germinación; residuos agropecuarios.

1. INTRODUCCIÓN

En México enfrentamos diversas problemáticas ambientales, una de ellas es el incremento en la generación de residuos sólidos y su deficiente disposición. Cerca del 50% de los residuos sólidos urbanos generados en México están conformados por material orgánico. La actividad agropecuaria genera un elevado volumen de residuos, tanto en forma de estiércol de animales como de residuos de cultivos, la forma común de tratar estos residuos es esparciéndolos en los campos de cultivo, con el doble interés de disponer de ellos y obtener beneficio de su propiedad fertilizante. Sin embargo, cuando existen cantidades elevadas de estiércol esta práctica puede provocar eutrofización de las cuencas hidrográficas (Al-Masri 2001).

Una alternativa para la gestión de los residuos orgánicos es la búsqueda y desarrollo de metodologías que utilicen sus componentes para obtener productos de interés y de valor agregado aplicables a la agricultura orgánica. Existen diversas tecnologías para aprovechar los residuos orgánicos, una de ellas es el uso de la digestión anaeróbica conjunta (co-DA), el cual es un proceso de descomposición microbiano donde en ausencia de oxígeno la materia orgánica es degradada. El tratamiento anaeróbico provee un método para reducir la contaminación ocasionada por actividades agrícolas y disminuir significativamente la presencia de organismos patógenos (McCaskey 1990).

Durante el proceso de digestión anaeróbica (DA) se pueden distinguir cuatro fases o etapas (hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis), cada una de las cuales es gobernada por un grupo de microorganismos específico (Deublein & Steinhauser 2008; Albuquerque *et al.*, 2012). Al final del proceso se obtienen como productos biogás y un digestato, éste último consta de dos partes: una líquida llamada biol y una sólida llamada

biosol (Kraak *et al.*, 2010), los cuales, si no son fitotóxicos, pueden ser utilizados como fertilizantes.

En el presente trabajo se evaluó la fitotoxicidad mediante un índice de germinación en semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) de bioles obtenidos por co-DA de residuos de hortalizas con estiércol de cerdo.

2. METODOLOGÍA

Para el proceso de co-digestión anaeróbica se construyeron biodigestores de régimen estacionario o batch, hechos de garrafas de plástico de alta densidad de 20 L. Cada digestor tiene en su parte superior una abertura para la carga inicial y una tapa-rosca a la cual se le adaptó una válvula para la salida del biogás. En la parte inferior fue adaptada una válvula que se utiliza para tomar muestras del efluente. Los digestores se cargaron al 80% de capacidad y se diseñaron al 10% de sólidos base seca (sbs) con 20% de estiércol y 80% de residuo, se mantuvieron a temperatura mesofílica con un tiempo de retención de 60 días.

Los digestores se cargaron con residuos de hortalizas en co-digestión con estiércol de cerdo. Los parámetros modificados en cada tratamiento fueron el pH y relación Carbono:Nitrógeno (C:N) de la mezcla inicial ingresada en el digestor. Los ajustes de pH fueron a pH 6 y pH 8, el ajuste de la relación C:N fue de 20:1 y relación C:N inicial sin ajustar, esto con el fin de evaluar el efecto de la modificación de dichos parámetros en el índice de germinación del biol resultante. El ajuste de pH se hizo con una solución de Na_2CO_3 1.5 M, y el ajuste de la relación C:N se hizo con residuo molido de cáscara de pepita de calabaza. Se monitoreó el pH del digestato durante el proceso. La tabla 1 muestra las claves y definición de los tratamientos utilizados.

Tabla 1. Mezclas de residuos para los tratamientos, de lado izquierdo se muestra la clave usada para el tratamiento y del lado derecho los componentes de la mezcla y parámetros iniciales utilizados en el tratamiento.

| Tratamiento | Definición |
|--------------------|---|
| Cerdo (Control) | DA de estiércol de cerdo |
| HC6 | Co-DA de residuos de hortalizas + estiércol de cerdo + ajuste a pH 6 inicial |
| HC8 | Co-DA de residuos de hortalizas + estiércol de cerdo + ajuste a pH 8 inicial |
| HPC6 | Co-DA de residuos de hortalizas + estiércol de cerdo + ajuste de relación C:N de 20:1 + ajuste a pH 6 inicial |
| HPC8 | Co-DA de residuos de hortalizas + estiércol de cerdo + ajuste de relación C:N de 20:1 + ajuste a pH 8 inicial |

Durante el proceso de co-DA se determinó la fitotoxicidad de cada biol en las semanas 3, 6 y 8, esta prueba es una medida indirecta del grado de degradación que ha sufrido la materia orgánica, si está suficientemente degradada es factible su aplicación en cultivos. La evaluación se hizo tomando en cuenta el índice de germinación (IG) midiendo la elongación radicular de semillas germinadas de lechuga (*L. sativa*), utilizando una metodología modificada de la propuesta por Zucconi *et al.* (1981), donde reportan que un valor del IG mayor al 80% indica que no presenta fitotoxicidad el biol, si el IG es superior al 100%, es decir que es n% mayor con respecto al control, indica que hay una estimulación del desarrollo radicular y si es menor al 50% indica que el biol es fitotóxico y por lo tanto no recomendado para su aplicación. Se utilizaron tratamientos con biol diluido al 5%. La técnica utilizada es detallada a continuación:

- Se preparan cajas Petri con papel filtro y 30 semillas de lechuga cada una.
- Se humedece el papel filtro con 6 ml del tratamiento a evaluar en la caja Petri.
- Se incuban las cajas Petri por cuatro días a 27° C en ausencia de luz.
- Se registran el número de semillas germinadas por caja.
- Se mide la elongación de la raíz o crecimiento de la radícula al término de los cuatro días de incubación. Como testigo se utiliza cajas Petri con 30 semillas de lechuga y para humedecer el papel filtro se usan 6 ml de agua destilada.
- Se calcula el porcentaje de germinación relativo (PGR), crecimiento de la radícula relativo (CRR) e índice de germinación (IG), con las ecuaciones siguientes:

$PGR = (\text{número de semillas germinadas en el extracto}) / (\text{número de semillas germinadas en el testigo}) * 100$

$CRR = (\text{elongación de radículas en el extracto}) / (\text{elongación de radículas en el testigo}) * 100$

$IG = (PGR * CRR) / 100$

3. RESULTADOS

La técnica de IG propuesta por Zucconi *et al.* (1981) establece una clasificación para la fitotoxicidad con base en el IG obtenido en el tratamiento. La clasificación es la siguiente: si $IG > 100$, el tratamiento es benéfico (promotor de crecimiento vegetal); si $IG < 100$ pero $IG > 80$, el tratamiento no es fitotóxico; si $IG < 80$, el tratamiento es inhibitorio; si $IG < 50$, el tratamiento es fitotóxico. De acuerdo con esta clasificación, en total 6 de los 12 bioles correspondientes a los tratamientos con residuos de hortalizas evaluados durante el proceso de co-DA no fueron fitotóxicos, los 2 bioles obtenidos de las co-DA donde se ajustó el pH inicial a 8 fueron promotores de crecimiento en la semana 6 del proceso, sin embargo el control obtuvo IG más altos que los tratamientos (Fig. 1).

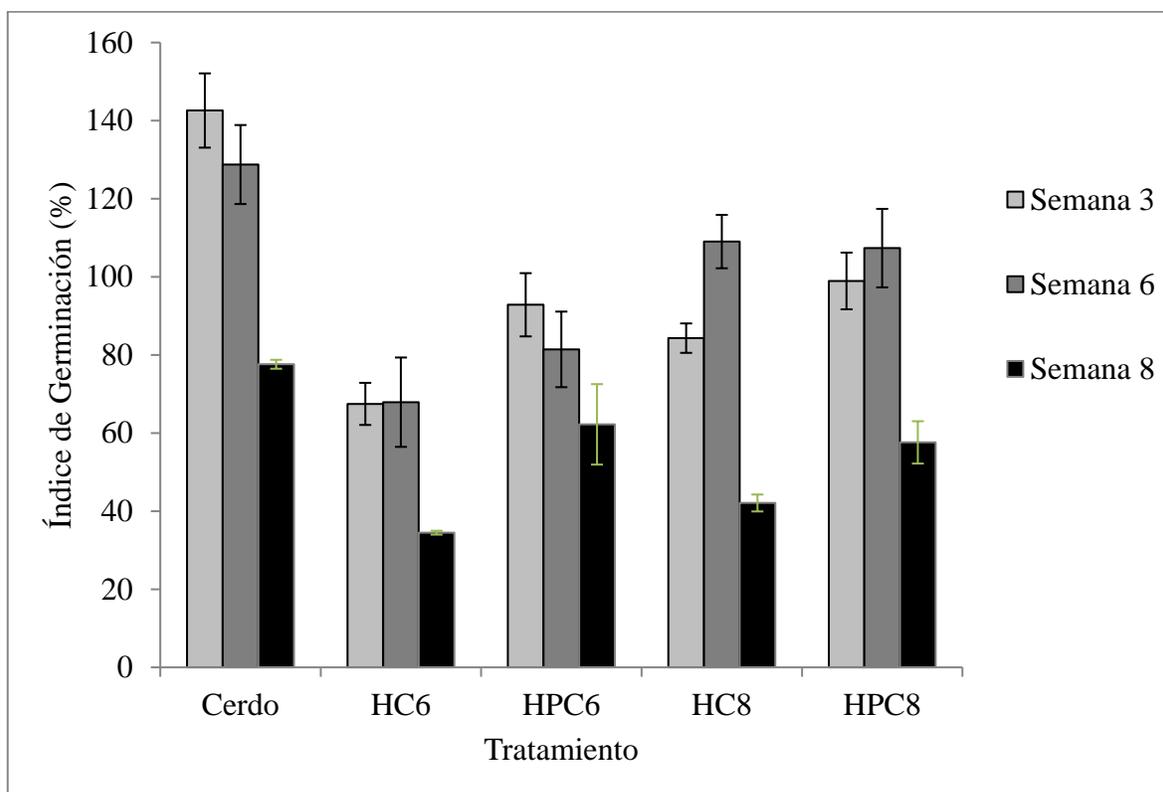


Fig. 1. Índices de germinación (en porcentaje) de la elongación radicular de semillas de lechuga al aplicarles bioles de co-DA de residuos de hortalizas con estiércol de cerdo obtenidos en las semanas 3, 6 y 8, aplicados a concentración de 5%.

Se monitoreó el pH de los tratamientos durante el proceso de co-DA. El control con estiércol de cerdo no mostró una etapa acidogénica durante el proceso, el pH lo mantuvo cercano a la neutralidad. En el caso de los tratamientos donde se ajustó el pH inicial a 8, éstos si tuvieron marcada la etapa acidogénica alrededor de las semanas 1 a 3, recuperándose después de la semana 4. En el caso de los tratamientos ajustados a pH inicial 6, éstos tuvieron un comportamiento en su pH similar, su etapa acidogénica fue a partir de la semana 1, sin embargo no lograron recuperarse de dicha etapa, la cual predominó en el resto del proceso (Fig. 2).

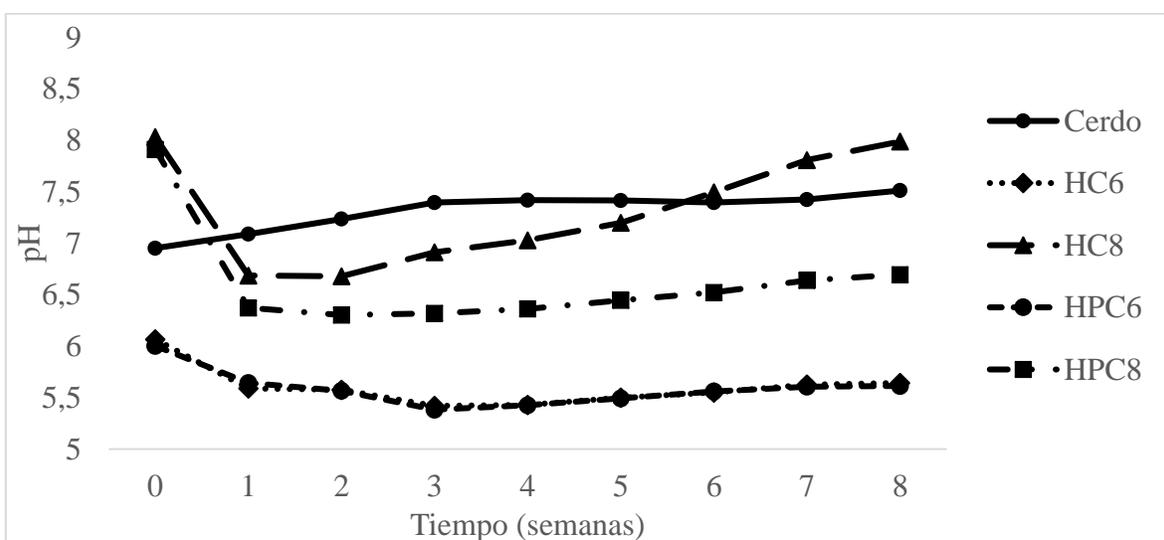


Fig. 2. Valores de pH durante el proceso de co-DA de estiércol de cerdo y residuos de hortalizas.

4. DISCUSIONES

Como se observa en los resultados, con bioles de co-DA donde se ajustó el pH inicial a 8 residuos se obtuvieron IG mayores de 100%, destacándose los de la semana 6, lo cual es un indicativo de que en esa etapa es donde se obtienen propiedades idóneas para ser aplicado a un cultivo, sin embargo, el origen de los residuos utilizados en el proceso de co-DA es un factor que condiciona la fitotoxicidad de un biol, en este caso, por ejemplo, los bioles obtenidos de las co-DA tuvieron IG menores a los obtenidos por el control. Es recomendable realizar otras pruebas de fitotoxicidad de bioles de co-DA de residuos de hortalizas con otros tipos de estiércol y con ajustes de diferentes parámetros para encontrar una relación de éstos con los datos de la elongación radicular.

En éste trabajo concluimos que el ajuste inicial a pH 8 beneficia el IG, aunque la fitotoxicidad del biol depende de otros factores como el tipo de residuos utilizados en la co-DA. Al parecer el ajuste de la relación C:N no afectó el IG de los bioles al evaluar la fitotoxicidad, así como tampoco la variación del pH durante el proceso de co-DA. Con un tiempo de retención de 6 semanas en el proceso de co-DA y un ajuste inicial a pH 8 de residuos de hortalizas y estiércol de cerdo se puede obtener un biol que puede ser promotor de crecimiento.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACyT por la beca de posgrado otorgada a Edgar Esteban Bustos Barrera, al CIBA-IPN por proporcionar los materiales, reactivos y equipos, y a Marilyn Checa Ortega por el apoyo técnico.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaramos que no existe ningún conflicto de interés para este trabajo.

REFERENCIAS

Albuquerque J. A., de la Fuente C., Ferrer-Costa A., Carrasco L., Cegarra J., Abad M. & Bernal M. P. 2012. Assessment of the fertiliser potential of digestates from farm and agroindustrial residues. *Biomass and Bioenergy*. (40):181-189.

Al-Masri M. R. 2001. Changes in biogas production due to different ratios of some animal and agricultural wastes. *Bioresource Technology*. 1(77):97-100.

Deublein D. & Steinhauser A. 2008. *Biogas from waste and Renewable Resources*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA Ed. Weinheim, Alemania. 450 p.

Krakat N., Westphal A., Schmidt S. & Scherer P. 2010. Anaerobic digestion of renewable biomass: thermophilic temperature governs methanogen population dynamics. *Applied and Environmental Microbiology*. 76(6):1842-1850.

McCaskey A. T. 1990. Microbiological and chemical pollution potential of swine waste. In: *Memorias del Primer Ciclo Internacional de Conferencias sobre Manejo y Aprovechamiento de Estiércol de Cerdos*. CINESTAV. Guadalajara, Jalisco, México. 12-32 pp.

Zucconi F., Pera A., Forte M. & De Bertoli M. 1981. Evaluating toxicity in immature compost. *Biocycle* (22):54-57.