

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE LIRIO ACUÁTICO Y EXCRETAS DE BORREGO PARA PREPARAR COMPOST

Waste of Water Hyacinth and sheep droppings are utilized to prepare compost

Icela Dagmar Barlelé Quintal*¹

Victor M. Cetina Alcalá²

Liliana Noyola Martínez³

Julisa García Albortante⁴

Pilar Tello Espinoza⁵

Mónica L. Salazar Peláez⁶

Dirección de contacto: *Hacienda de los Portales No. 84, Col. Prados del Rosario, Delegación Azcapotzalco, Cd. de México, D.F, Cp 02410, México. Tel +52 55 53827769, email: ibarceloq@gmail.com

Abstract

Waste generated by human activities such as grazing and mismanagement of hydrophytes plants in water bodies of the Upper Lerma River Basin in the State of Mexico are complex problems, with local environmental deterioration; thus this work proposes to use lily and manure -both wastes- to obtain usable organic fertilizer in order to improve eroded or deserted soils which have lost their nutritional value for the commercial communities located in the area. A methodology of water hyacinth compost and manure of sheep was carried out using dynamic aerobic native microorganisms present in substrates and controlling humidity, temperature and pH every third day. Previously characterized overexploited soil was mixed with compost; both and compost soil combinations were monitored with the parameters above mentioned and electrical conductivity, redox potential, analysis of organic matter, total nitrogen, phosphorus, manganese, iron and copper as total metals and a study of the geochemical distribution of metal, were measured. With this methodology a rich substrate was achieved at low cost. For the composting process were prepared five relationships lily / manure (100L/0M, 75L/25M /, 50L/50M, 25L/75M and 0L/100M) and it was carried out in a greenhouse during 120 day; each relationship was carried out in duplicate. Finally germination tests were performed with seeds of radish and coriander, with different relationships compost / soil (50C/50S and 25C/75S). The results indicated that the best relationship lily / manure for type A or B soil classification was 75L/25E, according NMX-FF-109-2007 and NCh2880c2003 standards. This result was achieved with a maturation time of 35 days. For germination tests, the relationship 25 % compost / 75 % soil gave a germination rate above 85% for radish seeds and 50% for coriander seeds.

Key words: Composting, *Eichhornia crassipes*, residues, sheep droppings

¹ Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Área de Química y Físicoquímica Ambiental. Doctora en Ingeniería en Ciencias del Agua, Profesora Investigadora Titular. Ha presentado ponencias en foros nacionales e Internacionales. Ha dirigido tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Ha publicado memorias de congresos nacionales e internacionales, coautora de artículos en revistas especializadas nacionales e internacionales, botón de Oro de la AIDIS, premio Abel Walman 2008. ibarceloq@gmail.com.

² Colegio de postgraduados (COLPOS), Área Forestal.

³ Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Maestría en Ciencias e Ingeniería.

⁴ Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Área de Química y Físicoquímica Ambiental.

⁵ Vicepresidenta Técnica de AIDIS y Presidenta de AIDIS México

⁶ Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Área de Química y Físicoquímica Ambiental.

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE LIRIO ACUÁTICO Y EXCRETAS DE BORREGO PARA PREPARAR COMPOST

Resumen

Los residuos generados por las actividades antropogénicas como el pastoreo y el mal manejo de plantas hidrófitas en los cuerpos de agua de la Cuenca Alta del río Lerma en el Estado de México, son problemas de difícil manejo, con deterioro del medio ambiente local, por lo que se propone el uso de estos residuos para la obtención de abonos orgánicos que puedan utilizarse para el mejoramiento de suelos erosionados o incluso desertificados que han perdido su valor nutricional y comercial para las comunidades de la zona. Se llevó a cabo una metodología de compostaje del lirio acuático y estiércol de borrego, mediante un proceso dinámico aerobio aprovechando los microorganismos de los propios sustratos y controlando humedad, temperatura, y pH. Previamente se caracterizó un suelo sobreexplotado que se utilizó para combinar con el compost, tanto a éste como al compost y las combinaciones suelo compost se le monitorearon los parámetros ya mencionados además de conductividad eléctrica, potencial redox, análisis de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, manganeso, hierro y cobre como metales totales y un estudio de la distribución geoquímica de los metales. Se logró un sustrato rico en nutrientes a bajo costo. Para el proceso de compostaje se prepararon cinco relaciones de lirio/estiércol (100L/0E, 75L/25E, 50L/50E, 25L/75E y 0L/100E), este proceso se desarrolló en un invernadero y duro 120 días, cada relación se hizo por duplicado, donde también se monitoreo la humedad, la temperatura y el pH cada tercer día. Por último se realizaron pruebas de germinación con semillas de rábano y cilantro, con distintas relaciones de suelo-composta (cinco compostas), las cuales fueron, 50% compost-50% suelo y 25% compost-75% suelo. Estos resultados en su conjunto indicaron que el compost que presentó mejores características para ser clasificado de tipo A o B fue la relación 75L/25E, utilizando las normas las normas NMX-FF-109-SCFI-2007 y NCh2880c2003. Para logrado se debió dejar madurar 35 días. Para las pruebas de germinación la relación 25% compost-75% suelo, dio un índice de germinación mayor al 85 % para las semillas de rábano y un 50 % para las semillas de cilantro.

Palabras clave: Composteo, excreta de borrego, lirio acuático, residuos

Introducción

Los cuerpos de agua se han visto afectados por floras invasoras con crecimiento desmesurado, causando serios estragos en los cuerpos de agua; una de estas plantas nocivas es la *Eichhornia crassipes* (lirio acuático o jacinto de agua) que crece en aguas dulces. Esta planta invasora es considerada como la segunda causa de pérdida de biodiversidad México dado que su tasa de crecimiento es muy alta (Maine *et al.*, 2006), una sola planta puede llegar a producir otras 3,000 plantas en sólo 50 días y cubrir un área de 600 m² en un año. Su área de distribución cambia de acuerdo a la época del año. La Cuenca Alta del Río Lerma (CARL), se denomina a la parte de la Cuenca Lerma-Chapala que pertenece al Estado de México. La CARL se localiza en el centro del Estado de México y limita al oeste con Michoacán, al Norte con Querétaro y al este, norte y sur con el propio Estado de México. Dicha cuenca abarca una superficie total de 5,346 km², dividido en tres cursos: Alto, Medio y Bajo y se compone por 32 municipios. En el territorio del Estado de México se encuentran dos municipios que son del interés de este trabajo, uno es el Municipio de Calimaya y el otro es el municipio de Almoloya del Río, el primer municipio presenta una fuerte problemática en sus suelos y el segundo municipio presenta la problemática de las plantas invasoras. Por otro lado la zona es de pastoreo de ganado caprino donde las excretas son arrastradas al río Lerma por las escorrentías en las temporadas de lluvia. Una propuesta para subsanar las problemáticas mencionadas, es el uso de plantas invasoras, en este caso del lirio acuático, y el uso de estiércol de borrego presentes en las comunidades mencionadas. Ambos productos pueden ser utilizados como abonos orgánicos producto de un proceso de compostaje para obtener humus. El compostaje garantiza la obtención de un producto con pH entre 6.5 y 8.0, que favorece el crecimiento de las plantas (EPA, 1999) y puede ser usado benéficamente como acondicionador y recuperador de suelos (Kuter *et al.*, 1995). La relación C/N es uno de los parámetros que mejor caracteriza el equilibrio trófico de un compost. La descomposición de la materia orgánica se debe principalmente a una fuerte disminución del contenido de carbono, el cual oxidándose se degrada bajo la forma de CO₂, por el contrario el contenido de nitrógeno varía poco. El efecto en general, se traduce por una disminución de la relación C/N. En principio, mientras el contenido de nitrógeno es bajo (C/N elevado), más lento es el proceso de descomposición. Sin embargo, la naturaleza de los materiales al inicio del

proceso de compostaje y, con mayor precisión, el contenido en compuestos de carbono fácilmente biodegradable condiciona las necesidades de nitrógeno y la velocidad del fenómeno. Para que el proceso se desarrolle adecuadamente, se debe usar una relación C/N comprendida entre 20 y 70, con valores óptimos entre 30 y 35; si el carbono esta en exceso y poco movilizable, y el nitrógeno es deficiente y limitante, la velocidad de fermentación aeróbica es dirigida por el consumo de nitrógeno por la cadena trófica. Si la relación C/N es baja y el nitrógeno se libera en grandes cantidades, la velocidad es dirigida por el contenido de carbono disponible y por los microorganismos; el excedente de nitrógeno se puede perder por la volatilización del nitrógeno en forma amoníaco y por la pérdida de nitratos en los lixiviados originados por la fermentación.

En este trabajo se analiza el uso de lirio acuático y excreta de borrego para generar composta aprovechable para mejorar suelos erosionados y sobreexplotados de la región de la Cuenca Alta del Río Lerma. Es importante señalar que el lirio acuático y la excreta de borrego son residuos que se acumulan en las orillas del Río Lerma por las escorrentías en temporada de lluvia y regresan a los cuerpos de agua en estado de descomposición, aumentando la carga orgánica en el Río y los problemas de baja oxigenación en el mismo.

Metodología

Un suelo sobreexplotado se recolectó mediante la técnica de cuarteo en dos lugares distintos (Zona I y Zona II) del municipio de Calimaya, situado al sur del municipio de Toluca en el Estado de México. Para el muestreo se trabajó en un área de 5 x 6 m² en cada sitio, dicha área se dividió en 30 cuadrantes de un metro cada uno, de ahí se tomaron cuatro muestras al azar de los cuadrantes (8 y 19) para la Zona I y los cuadrantes 13 y 20 en la zona II. Este muestreo se realizó en los primeros 20 cm de la capa superficial del suelo. El suelo se llevó a un invernadero. Se realizó una mezcla del suelo recolectado de la Zona I y de la Zona II, formando una mezcla compuesta con la cual se trabajó durante todo el proceso experimental. Con la finalidad de conocer las propiedades de dicho suelo, este fue analizado química y físicamente. Los principales giros de estos sitios son la explotación de material para la construcción (tabiques) y cultivo de maíz. En cuanto al lirio, se muestreó un volumen de 140 L de lirio (7 costales). Este lirio había sido cosechado previamente y se encontraba en montículos a la orilla del río, se hizo el muestreo al azar. Con la finalidad de conocer las propiedades del lirio este se caracterizó previamente. El suelo, el lirio y las excretas fueron secados y molidos con el fin de homogeneizar el tamaño de la partícula. Se pesaron 500 g de suelo, 500 g de lirio húmedo y 500g de estiércol, por separado se colocaron en recipientes que se introdujeron en una estufa Binder-Belt art Products, durante 4 días para el lirio y 2 días para el suelo y estiércol a una temperatura de 60°C. En lirio y el estiércol se molieron en un molino eléctrico Micromill High Speed Grinding y se tamizaron en malla 100 (150µm), tipo Tyler. El suelo seco también se tamizó y se recolectó a malla 100 para su posterior análisis. Se recolectaron de los sustratos puros que se utilizaron en el desarrollo de este proyecto, se caracterizó cada uno mediante parámetros físicos y químicos, posteriormente se efectuó el proceso de compostaje de las distintas relaciones lirio/estiércol a nivel piloto durante un periodo de 120 días, monitoreando y analizando los sustratos obtenidos del compostaje, por último se llevó a cabo pruebas de germinación para determinar la eficiencia del *compost*.

En la Tabla 1, se muestra la descripción de la relación de lirio y estiércol que se sometieron al proceso de compostaje en ambos experimentos. Se llevaron dos procesos de compostaje.

Tabla 1. Relación (L/E) en porcentaje y volumen.

| Relación lirio- estiércol (L-E) en % | | Relación lirio- estiércol (L-E) en Volumen (v/v) (L) | | Volumen de H ₂ O (L) |
|--------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------|
| lirio | estiércol | lirio | estiércol | H ₂ O |
| 100 | 0 | 6 | 0 | 2 |
| 75 | 25 | 4.5 | 1.5 | 2 |
| 50 | 50 | 3 | 3 | 2 |
| 25 | 75 | 1.5 | 4.5 | 2 |
| 0 | 100 | 0 | 6 | 2 |

Se efectuó un primer proceso para determinar la duración adecuada del mismo. Para este procedimiento se acondicionaron charolas de 40 x 30 cm, con una capacidad aproximada de 8 L. Se probaron varias relaciones

lirio/estiércol: 100L/0E, 75L/25E, 50L/50E, 25L/75E y 0L/100E. Para los procesos de compostaje se midieron: pH, humedad y temperatura considerando la NOM-021-SEMARNAT (2000), se utilizó un equipo Hannah Instruments HI 98150 y el vernier LabQuest, previamente calibrado, para la lectura de pH, conductividad eléctrica y potencial redox, dos veces por semana, la adición de agua se hizo por cada caso y según se necesitara aumentar la humedad.

El Fe y Mn tanto en lirio como excreta y *compost* se trataron por digestión ácida por microondas en un equipo MARS 5 y posteriormente se analizaron por Absorción Atómica en un equipo Thermoelemental modelo SOLAAR M6 por el método de flama. Para la determinación de nitrógeno en lirio, excreta y *compost* durante el proceso, se utilizó el método Kjeldahl. En el caso de la determinación de carbono orgánico (CO) en las mismas muestras se utilizó un equipo AnalytikJena Multi NC 3000.

Para la determinación de fósforo (P), se utilizó la técnica colorimétrica, previa curva de calibración en un equipo Shimadzu UV-160A, se basó en análisis del Standard Methods. Se realizó mediante extracciones secuenciales la determinación de la distribución geoquímica de Cu, Fe y Mn siguiendo la metodología de Barceló (2000), para la determinación de los metales en cada fracción, tanto para el caso del suelo como para el *compost*, se utilizó la técnica de espectrofotometría de absorción atómica por flama. Se utilizó un gramo para cada muestra por triplicado de suelo y de *compost* perfectamente homogeneizadas. Se hicieron 2 blancos, los cuales se trataron igual que las muestras. Después del tiempo transcurrido de la acción de cada extractante se centrifugó en un equipo Allegra 21 Beckman Coulter durante 25 min. Después se adicionaron 10mL de agua desionizada para enjuagar y se dejó en agitación durante 10 min. Pasado el tiempo se volvió a centrifugar por 25 min. Una vez centrifugadas las muestras, se procedió a extraer el sobrenadante, guardándolo para su tratamiento. Una vez que ya se tenían todas las fracciones se sometieron a una digestión ácida con 2 mL de HNO₃ grado Suprapur (J. T. Baker) para su posterior análisis en absorción atómica; esto se hizo para las primeras cinco fracciones. Para la sexta fracción se adicionó primero 2 mL de HNO₃ grado Suprapur (J. T. Baker) + 10 mL de agua desionizada para enjuagar perfectamente el tubo que contenía el sedimento residual de la fracción 5+ 1mL de HF Suprapur (J. T. Baker), después de que se extrajeron las fracciones de la digestión ácida, se aforaron a 50 ml para el caso de suelo y 25 ml para el *compost*, para ser analizadas por absorción atómica.

Siembra de semillas de rábano y cilantro en las distintas relaciones de suelo-composta.

Para verificar la calidad del *compost* se llevaron a cabo pruebas de germinación en semillas de rábano (*Raphanus sativus*) y de cilantro (*Coriandrum sativum*). Se emplearon dos relaciones de *compost*-suelo: 50-50 (50% *compost*-50% suelo) y 25-75 (25% *compost*-75% suelo) y como testigos se usaron las cinco relaciones de lirio estiércol (*compost*) y el suelo puros. Se usaron 20 semillas certificadas de cada especie; en cada charola se sembraron 20 semillas de rábano y 20 semillas de cilantro, se regaron diariamente, ya que era de vital importancia mantener la humedad adecuada para las plántulas durante las dos primeras semanas de germinación. Las charolas se mantuvieron a temperaturas entre 26-30 °C. El *compost* obtenido, se secó a temperatura ambiente. Se mezclaron tanto el *compost* como el suelo en las relaciones antes mencionadas y se humedecieron sin exceder la cantidad de agua, esto fue verificado al no haber escurrimiento en estas. La germinación del rábano ocurrió en la primera semana y la germinación del cilantro dos semanas después; el monitoreo del desarrollo y crecimiento duró 40 días.

Resultados y su interpretación

El valor de pH para el lirio y estiércol (7.4-8.5) se encontró entre el intervalo que indica la NOM-021-SEMARNAT-2000, fueron sustratos ligeramente alcalino. Por otro lado, el suelo se encontró moderadamente ácido con un pH de 6.28 ± 0.16 . Utilizando la NMX-FF-109-SCFI-2007 del humus de lombriz, ya que no hay para *composta* simple, se observó que los sustratos puros de lirio y estiércol rebasaron el máximo de 20 a 40% de humedad establecido en la norma: el lirio al ser una planta hidrófita absorbe agua con facilidad, por lo que se tuvo que drenar previamente. No así el suelo que presentó un valor muy bajo de humedad. Según la norma NMX-FF-109-SCFI-2007, la conductividad en la *composta* de lombriz es de $\leq 4\text{dS/m}$, los tres sustratos en sus valores iniciales presentaron una buena conductividad aunque menor al de la norma, debido a la humedad del lirio y el estiércol en el momento del muestreo, la conductividad eléctrica se vio favorecida.

El suelo a pesar de que se encontró con una humedad baja en el momento del muestreo, presentó una conductividad importante. Para el suelo de esta región se obtuvo un valor de 119.9167 ± 3.8263 mV. El suelo de Calimaya presentó

anoxia, coincidente con el pH casi ácido, (Fassbender y Bornesmiza, 1987). Con estos datos se puede inferir que en el suelo de Calimaya (afectado por el abuso de fertilizantes) existe una escasez de nitrógeno, seguido de la escasez de Mn, situación que se ve aumentada por la falta de capa vegetal y la humedad que en época de lluvia empeora la situación de este suelo. El poco nitrógeno presente se encontró principalmente en forma de nitratos, dado que está expuesto al aire y con pérdida de una gran parte de capa orgánica. Se determinó el porcentaje de carbono, para el cálculo de la relación C/N. En la figura 1a, se aprecian los resultados obtenidos de materia orgánica (MO) en porcentaje, para las cinco relaciones de lirio/estiércol al inicio y al final del proceso de compostaje (120 días). La NMX-FF-109-SCFI-2007, indica que el porcentaje de materia orgánica va de 20 % a 50 % en un producto estabilizado, al inicio del proceso de compostaje los porcentajes de materia orgánica se encontraron por arriba de los valores de la norma, sin embargo al transcurrir los 120 días se observó una ligera disminución de la materia orgánica en todas las relaciones lirio estiércol.

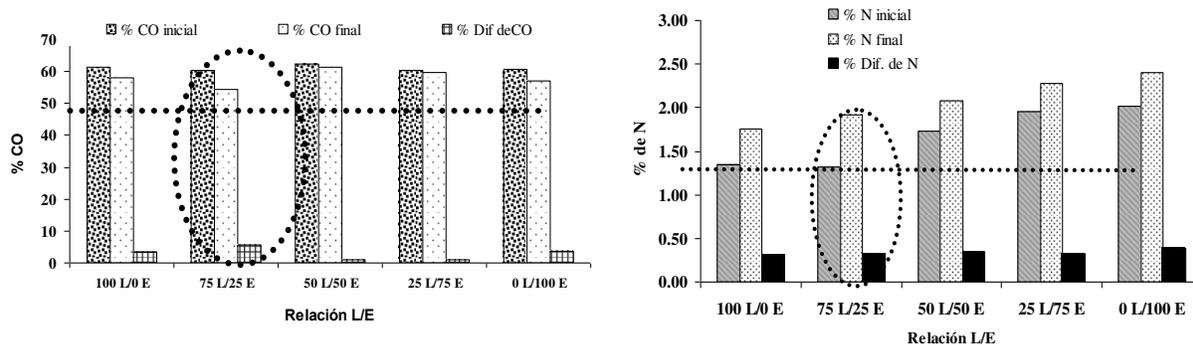


Figura 1: (1a) Porcentaje de CO en las distintas relaciones lirio/estiércol al inicio y final del proceso de compostaje. 1(b) Porcentaje de N en las distintas relaciones lirio/estiércol al inicio y final del proceso de compostaje

Se observó que en la relación 75L/25E esta disminución fue más notoria, marcada en un círculo, disminuyendo en un 6 % el contenido de MO. El lirio presentó un porcentaje de carbono orgánico ligeramente mayor al estiércol, el suelo tuvo un valor del 12%, lo que confirma la pérdida de la capa orgánica. Se ha reportado que para compost obtenidos a partir de residuos de jardinería el porcentaje de materia orgánica debería ser de 53.35% aproximadamente, valor que se asemeja al de la relación lirio/estiércol 75L/25E (54.55%).

En la figura 1b., se presentan los resultados del nitrógeno total para las cinco relaciones de lirio/estiércol. La NMX-FF-109-SCFI-2007 indica que el porcentaje de nitrógeno puede variar del 1 al 4 % en un compost obtenido por vermicompostaje, por lo que los valores de cada relación lirio estiércol tanto al inicio como al final del proceso de compostaje están en el intervalo que indica la norma.

Relación C/N de las cinco relaciones de lirio estiércol.

En la figura 2a. se presentan los resultados de la relación C/N para el proceso de mineralización de las distintas relaciones de lirio/estiércol. Se observa que la relación C/N en todas las mezclas de lirio/estiércol a los 120 días de proceso, están por arriba del valor establecido en la norma NCh2880.Of2004 de 20 unidades, para ser una composta de grado A, sin embargo se observó que tanto la composta de relación 100L/0E (a) y 75L/25E (b) pueden llegar a obtener este valor de 20 unidades a los 196 días y 162 días de maduración respectivamente. Con lo cual se puede decir que la composta que presenta la mejor relación C/N es la de 75L/25E (b). Las distintas relaciones de lirio/estiércol presentaron una cinética de degradación de primer orden siendo la mejor relación 75L/25E y al extrapolar en la gráfica de C/N se observó que se podrá obtener una composta de calidad A con una relación C/N=20 a los 152 días (figura 2b).

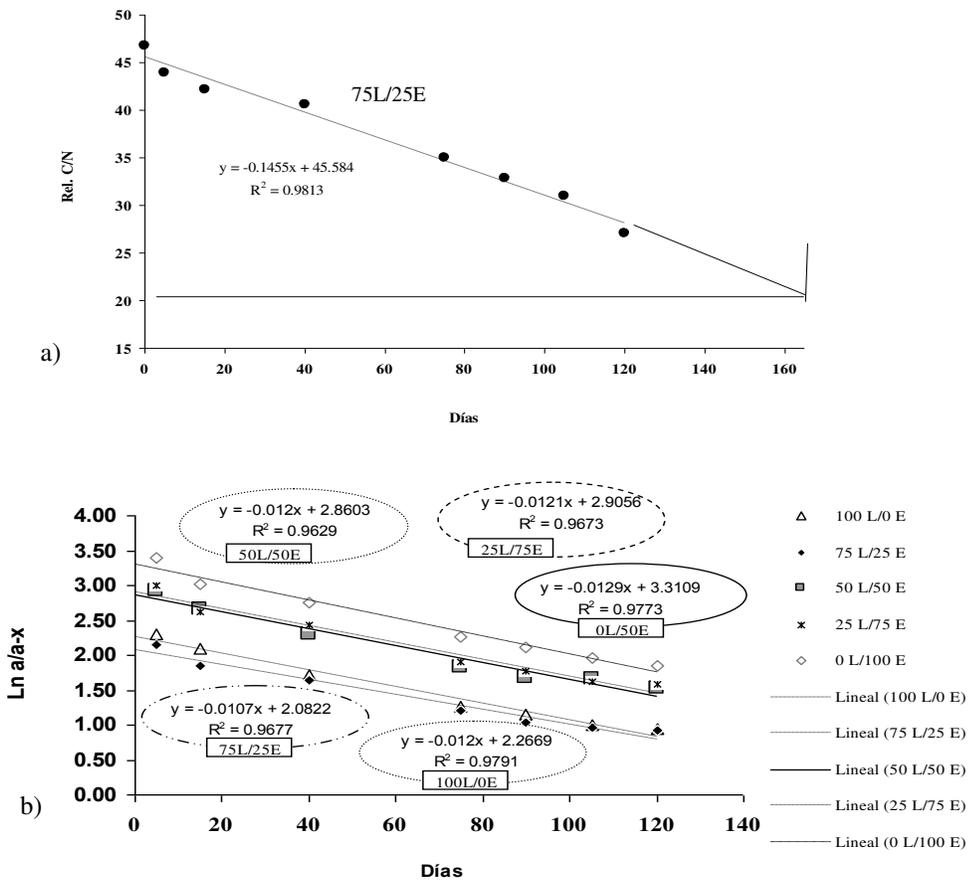


Figura 2: (a) Relación C/N en la proporción C/N presentó el mejor valor de compostaje.(b) Cinéticas del proceso de compostaje

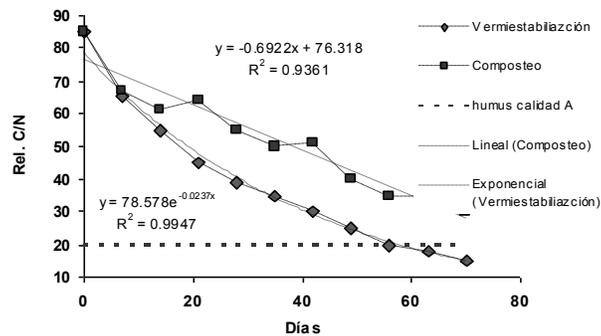


Figura 3: Comparación de la relación C/N en los procesos de vermicompostaje y composteo.

En la figura 3, se presenta la comparación de la relación C/N con respecto al tiempo. Se observa que el compostaje tradicional, como se indicó en la figura 2, sigue una tendencia lineal, diferente al vermicompostaje que es exponencial (Trejo, 2012), debido al crecimiento y reproducción de las lombrices durante el proceso, lo que ayuda a disminuir el tiempo de la maduración del sustrato, sin embargo, se requiere de más cuidado, aunque se puede obtener una composta de calidad tipo A, en el caso del compostaje tradicional, aunque es más lento, es más barato y requiere de menos cuidados y no se requiere llegar a una calidad A, dado que presenta usos, por ejemplo para floricultura, reforestación y mejoramiento de suelos, donde no se requiere la calidad A. En las figuras 4 (a) relación 100L/0E y (b) 75L/25E, se presentan los resultados de la distribución geoquímica de Cu. Se puede observar que no existe una diferencia notable entre las distintas relaciones de lirio estiércol; dado que la fracción F5 se observa la mayor

acumulación de cobre, esta fracción está relacionada con la materia orgánica, donde están presentes la materia húmica, por otro lado también se encontró que el Cu, también está presente la fracción residual y asociado a óxidos de Fe de la Fracción 4. En la distribución, se observó el porcentaje de cada una de las fracciones, en el caso de la relación 100L/0E presentó un porcentaje de cobre asociado a la materia orgánica de 52 % en comparación con el porcentaje de cobre asociado a la materia húmica en la relación 75L/25E que es del 62 % aproximadamente un 10% arriba, lo cual indica que la mejor relación lirio/estiércol es la 75L/25E. Presentando una asociación mayor del cobre con la fracción de óxidos de Fe y Mn (F4) la relación 100L/0E.



Figura. 4. Distribución Geoquímica del compost (a)100L/0E y (b)75L/25E

Porcentaje de germinación de semillas de rábano y cilantro, con distintas relaciones de suelo-sustrato

La germinación de semillas es un buen indicador de la calidad del proceso y del *compost* obtenido. El periodo de seguimiento del desarrollo de las plantas duró 45 días, en donde se contaron el número de semillas germinadas del total de semillas sembradas así como su crecimiento en diferentes relaciones de suelo y *compost*. En las figuras 5 a, b y c se presentan los resultados. Se usó como testigo del experimento el suelo de Calimaya (TS) el cual mostró un índice de germinación del 30% para rábano y 0% para el cilantro.

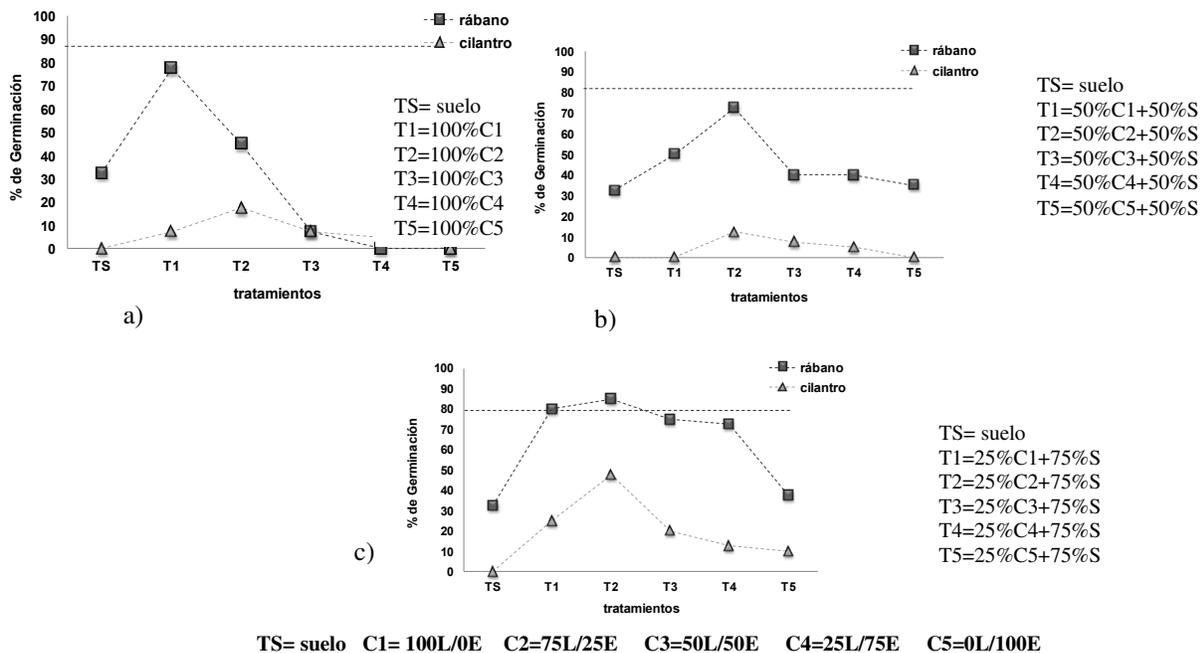


Figura 5. Porcentaje de germinación en 100 % *compost*

La figura 5a muestra el índice de germinación de semillas de rábano y de cilantro sembradas en el *compost* de las cinco relaciones, el mejor índice de germinación se presentó en 100L/0, con un porcentaje de germinación de 77% valor cercano al propuesto por la norma que es de 80 % de germinación, seguida de la *composta* con la relación de 75L/25E con un 45 % de germinación valor por debajo de la norma, para el caso de las semillas de rábano la mejor relación fue la de 75L-25E, con

índice de germinación de 17.5 %, siendo este un valor que se encuentra por debajo de la norma. En la figura 5b, se presentan los porcentajes de germinación usando como sustrato una mezcla de suelo-composta de % 50C/50S, se observó que el tratamiento T2 correspondiente a (50C2+50CS), presentó el mejor índice de germinación con un 72.5 ± 0.71 %, para el caso de las semillas de rábano y un índice de germinación de 12.5 ± 0.71 para las semillas de cilantro, a pesar de que se observó un mejoramiento en el índice de germinación de los otros cuatro tratamientos (T1,T3,T4 y T5) los valores se encontraron por debajo de la norma. En la figura 5c, se presentan los porcentajes de germinación de las semillas de rábano y cilantro, usando como sustrato 25%composta/75%suelo, Se observó que el T1, T2, T3 y T4, presentaron valores de germinación similares a la norma en un intervalo de 72.5 a 85 % de germinación, siendo la relación T2 la que presenta el mayor valor, superior a la norma, en la germinación de semillas de rábano, por otro lado se observa que el porcentaje de germinación de las semillas de cilantro también se ve favorecida obteniendo un 50 % de germinación en el T2 .El *compost* que presentó el mejor índice de germinación fue 75L/25E % y la mejor relación de compost-suelo fue 25%-75%.

Conclusiones

Los análisis fisicoquímicos y el contenido MO en el suelo se evaluaron como un suelo con principios de degradación ya que es un suelo sobreexplotado agrícolamente. Los residuos lirio y escreta para la elaboración de son parte de una gran problemática en su comunidad de origen, presentaron parámetros fisicoquímicos adecuados según la normatividad Mexicana y Chilena. La relación C/N que indica el tiempo de degradación del material en el proceso de compostaje resultó el de 75 de lirio con 25 de estiércol También esta relación fue la mejor según el control del pH, humedad y temperatura para el adecuado desarrollo del proceso de compostaje, que fueron: pH entre 7.5 y 8.6, humedad de 60 a 80 % y temperatura de 23 a 26°C. Las distintas relaciones de lirio/ estiércol presentaron una cinética de degradación de primer orden siendo la mejor relación 75L/25E, en dónde extrapolando la grafica de C/N se observó que se podrá obtener una composta de calidad A con una relación C/N=20 a los 152 días.

Agradecimientos: Los autores agradecen a la UAM-Azcapotzalco a través del proyecto: 2230805 y del PROMEP de la Secretaría de Educación Pública de México

Referencias

- EPA. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (1999). Biosolids generation, use, and disposal in the United States. Washington.
- Fassbender, H., y E. Bornemisza. (1987). Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 420 p. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica.
- Kuter, G.; Blackwood, K.; L.F. Díaz, J.; Donovan, D.; Durfee, E.; Epstein, J.; Hay, M.; Lang, T.; Richard, G.; Savage, R.; Stratton, R.; Tardy, T.; Walsh, C.; Wilber III; Williams, T.(1995) Biosolids Composting. *Water Environment Federation, Washington*, p.187 .
- Maine, M.A., Suñe N., Hadad H., Sánchez G. and Bonetto C.,(2006)., Nutrient and metal removal in a constructed wetland for wastewater treatment from a metallurgic industry, *Ecol. Eng.* 26 .
- NMX-FF-109-SCFI-2007. Humus de lombriz (Lombricomposta). Especificaciones y Métodos de Prueba.
- NORMA CHILENA OFICIAL. NCh2880.Of2004. Compost-Clasificación y Requisitos.
- (OPS) Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. (1999). Manual para la elaboración de compost: bases conceptuales y procedimientos.
- SECOFI, 1980. Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. Norma Oficial Mexicana NMX-AA-003-1980: Aguas residuales – Muestreo. *Diario Oficial de la Federación*, Marzo 25, 1980.
- SECOFI, 2000. Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. Norma Oficial Mexicana NMX-AA-007-SCFI-2000: Análisis de agua - Determinación de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba. *Diario Oficial de la Federación*, Diciembre 18, 2000.
- SECOFI, 2011. Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. Norma Oficial Mexicana NMX-AA-008-SCFI-2011: Análisis de agua - Determinación del pH - Método de prueba. *Diario Oficial de la Federación*, Octubre 5, 2011.
- Standard Method 5520 D. (1997). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, Washington, USA.
- Standard Methods 5520 C. (1997). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, Washington, USA.