

ANÁLISIS DE BIOSÓLIDOS PARA SU USO AGRÍCOLA EN UNA HORTALIZA

(Hernández Rodríguez José Juan) (1), (Ma. Cruz Rivera Mosqueda) (2), (Roberto Arellano Elizarraraz) (3)

¹[Ingeniería Bioquímica, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato] | [jjhernandez37@hotmail.com]

²[Ciencias Básicas, Ingeniería Bioquímica, Irapuato, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato] | [ma.cruz.rivera.m@icloud.com]

³[Ciencias Básicas, Ciencias Básicas, Irapuato, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato] | [neonbebeto@hotmail.com]

Resumen

Se analizaron microbiológicamente dos muestras de biosólidos de acuerdo a la NOM-004-SEMARNAT-2002, de SITRATA en Purísima del Rincón Guanajuato, a la segunda se realizó un secado en secador de bandeja marca Armfield UOP8-A a 40°C por 4.5 horas y al mismo tiempo se analizó una muestra control (suelo). Se encontró que la muestra 1 está por debajo de los L.M.P. con <3,000 NMP/gST de Coliformes Fecales, <300 NMP/gST de Salmonella spp. y <1 Huevos de Helminto en 2 g de ST. La muestra 2 analizada mostró estar por encima de los L.M.P. con $\leq 2,400,000$ NMP/gST de Coliformes Fecales, 1,500 NMP/gST de Salmonella y 6 Huevos de Helminto por 2 g de ST. La muestra secada redujo estos últimos valores de la muestra 2 a 240,000 NMP/gST de Coliformes Fecales, <300 NMP/gST de Salmonella y 1 Huevos de Helminto por 2 g de ST. El análisis fisicoquímico demostró que el biosólido de la muestra 2 contó con valores altos de nitrógeno total (1.19%) y fósforo total (3.51%). La prueba en invernadero con dosis de aplicación de 0 a 100 (porcentaje en peso) de biosólidos incorporados al suelo demostró que pueden variar con respecto al rendimiento del cultivo de rábano (*Raphanus sativus*).

Abstract

Two samples of biosolids were analyzed microbiologically according to NOM-004-SEMARNAT-2002, from SITRATA in Purísima del Rincon Guanajuato, the second one was dried in an Armfield tray dryer UOP8-A at 40°C for 4.5 hours and at the same time a control sample (soil) was analyzed. Sample 1 was found to be below the C.C.L. with <3,000 MPN/gTS of Fecal Coliforms, <300 MPN/gTS of Salmonella spp. and <1 Helminth eggs in 2g of TS. The analyzed sample 2 showed to be above the C.C.L. with $\leq 2,400,000$ MPN/gTS of Fecal Coliforms, 1,500 MPN/gTS of Salmonella and 6 Helminth Eggs per 2g of ST. The dried sample reduced the latter values from sample 2 to 240,000 MPN/gTS of Fecal Coliforms, <300 MPN/gTS of Salmonella and 1 Helminth Egg per 2g of TS. The physicochemical analysis showed that the biosolids of sample 2 had very high values of total nitrogen (1.19%) and total phosphorus (3.51%). The greenhouse test with application rates of 0 to 100 (percentage by weight) of biosolids incorporated in the soil showed that they can increase the yield of radish (*Raphanus sativus*) crop.

Palabras Clave

Límite máximo permisible (L.M.P.); Aprovechamiento; Indicador microbiológico de contaminación; Dosis de aplicación; Prueba en invernadero

INTRODUCCIÓN

Actualmente las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) son levantadas para el saneamiento de aguas residuales domésticas e industriales, debido al exceso de contaminantes en esta y por la falta de fuentes de agua limpias. Cada día son necesarias más PTAR, y cada día las existentes buscan mejorar su proceso de eliminación de los contaminantes del agua o tratar un mayor volumen de agua.

El impacto es ecológico debido a la acción de la recuperación del agua a su ciclo natural. Sin embargo, los contaminantes sólidos retirados del agua residual en estos procesos, pasan a ser parte de los lodos, residuo de las PTAR.

Tratamiento de lodos

Debido a los contaminantes incorporados a esta nueva ruta de lodos, es necesario llevar un tratamiento a estos mismos. Esto nos lleva principalmente a los métodos de reducción del volumen y métodos de estabilización de los lodos. Después de estos tratamientos los lodos pueden ser conocidos como biosólidos y la cantidad excesiva de este residuo industrial de las PTAR, da por consiguiente su disposición. El tratamiento y eliminación de los lodos de depuradora es costoso y un problema ambiental sensible [1]. Esto significa inversión por las PTAR y por este motivo están buscando distintos tipos de aprovechamiento de los biosólidos para que el impacto ambiental positivo del agua tratada, no se vea afectado por un nuevo residuo, si no sea parte adicional como sub-producto apto de aprovechamiento y en algunos casos pueda ser comercializado.

Análisis de lodos y biosólidos para su aprovechamiento en la agricultura

La calidad de los biosólidos depende del tipo de proceso de tratamiento de aguas residuales del cuál provienen, del agua residual que se trata en este proceso y por los tratamientos a los cuales fueron sometidos. Esto nos lleva a caracterizar los biosólidos para clasificarlos y conocer el medio por el cual van a poder ser aprovechados. Dentro de la actividad más común de aprovechamiento encontramos que son utilizados como abono en la agricultura. Debido al manejo que deben llevar los biosólidos para que puedan ser aprovechados en los terrenos con fines agrícolas, se encuentra que estos deben de cumplir características fisicoquímicas (contenido de metales pesados), donde las concentraciones de los biosólidos analizados no superan los límites máximos permisibles, y características microbiológicas (microorganismos patógenos presentes). Las especificaciones y L.M.P. de contaminantes en biosólidos se establecen para posibilitar su aprovechamiento o disposición final y proteger al medio ambiente y a la salud humana [2]. Esta clasificación establecida asegura, debido a sus características fisicoquímicas y microbiológicas, el tipo de biosólidos que será susceptible a los diferentes tipos de aprovechamiento.

Uso de biosólidos en cultivos de tallo corto

Debido a que los cultivos de tallo corto tienen contacto directo con los biosólidos, una vez que ha sido incorporado el biosólido al suelo cuentan con tiempos largos de cosecha de 14 a 38 meses [3]. Y en otro caso si los biosólidos son utilizados lo más pronto posible para cosecha sin regulación alguna, representan un riesgo, por una vía de contaminación microbiológica y una afectación a los cultivos, llevando a bajos rendimientos de estos. Se ha encontrado que el mayor rendimiento de cultivos de ballico perenne, maíz y cebada se dio en dosis

de aplicación de 80, 120 y 160 t ha⁻¹, sin embargo, con 200 t ha⁻¹ se frenó el desarrollo de los cultivos en las primeras etapas de crecimiento, sin presentarse acumulación de metales pesados en concentraciones consideradas como fitotóxicas [4]. Por este motivo se realizó un análisis microbiológico para evitar cualquier riesgo o afectación que representan los biosólidos al ser aprovechados en cultivos de tallo corto.

En base a la caracterización de los biosólidos, estos se podrán aprovechar en terrenos con fines agrícolas para cultivos de tallo corto, sin afectación alguna a estos. De esta manera se puede encontrar utilidad de los biosólidos para que puedan ser considerados como un sub-producto y no un residuo. En cuanto al aprovechamiento por sus características microbiológicas, se propondrá una técnica de reducción de patógenos para mejorar la calidad de los biosólidos, reducir el tiempo de espera cosecha de los cultivos y evitar una contaminación de origen microbiológico. En el presente trabajo se presentó este análisis de biosólidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la determinación de la calidad de los biosólidos de acuerdo a los indicadores de contaminación microbiológica por coliformes fecales, *Salmonella spp.* y huevos de Helminto. Se obtuvieron 2 muestras. La muestra 1 (M1) correspondió al biosólido muestreado el 29 de mayo de 2017, la muestra 2 (M2) al biosólido muestreado el 03 de julio de 2017. Para el muestreo, conservación, transporte y análisis microbiológico se realizó de acuerdo a la NOM-004-SEMARNAT-2002.

Posteriormente se implementó una técnica de reducción de patógenos mediante el secado de la muestra 2 en secador de bandejas Armfield UOP8-A a 40°C por 4.5 horas. A el biosólido seco resultante del secado se le determinó como muestra 3 (M3), para su estudio. Al mismo tiempo

se obtuvo la muestra 4 (M4); suelo de un terreno agrícola con pH neutro.

A las muestras obtenidas, se les determinó el contenido de sólidos totales (ST) en porcentaje en peso, en un tiempo máximo de análisis de 24 horas, mediante el uso de una termobalanza modelo A&D MF-50.

En seguida a las muestras obtenidas se les determinaron nutrientes esenciales a través de análisis fisicoquímicos, donde se determinó el contenido en porcentaje en peso seco de Nitrógeno Total y Fósforo Total (P₂O₅), cada una de ellas con sus respectivas repeticiones. Para el análisis de las muestras se realizaron diluciones en agua destilada, perfectamente homogeneizados, con agitador de tubos vortex, correspondientes a diluciones desde 10⁻² hasta 10⁻³. Los análisis se llevaron a cabo con el uso de un fotómetro multiparámetro Hanna, utilizado para el análisis de aguas residuales, modelo HI83214 C214 mediante el método descrito del manual del mismo [5].

Para la determinación del rendimiento del cultivo hortícola se aplicaron diferentes dosis de biosólidos al suelo. Lo mencionado se efectuó con el uso de los biosólidos de la PTAR sobrantes con pruebas en invernadero. Se realizaron 11 tratamientos de 0 a 100 en porcentaje en peso húmedo de biosólidos aplicados al suelo. Se mezcló perfectamente los biosólidos con el suelo representativo de la región y se eligió como cultivo hortícola al rábano variedad *Raphanus sativus*. Posteriormente se colocaron en bolsas de polipropileno negras para vivero de 8x17 cm, por tratamiento, se sembró 2 semillas de rábano por bolsa. Al sexto día se removieron las plántulas germinadas sobrantes. A los 42 días se cosechó el rábano y se registró el peso, largo y ancho para determinar el rendimiento del mismo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se encuentra que la muestra 1 analizada se establece por debajo de los L.M.P. de acuerdo a los indicadores microbiológicos de

contaminación. La muestra 2 se ubica por encima de los L.M.P., en cuanto a coliformes fecales y salmonella spp.; respecto a huevos de Helminto esta se encuentra debajo de los L.M.P. Sin embargo, la muestra 3 (biosólido secado de la muestra 2) analizada, se le aplica una técnica de reducción de patógenos, resultando debajo de los L.M.P. y demostrando que el secado es un método eficiente y sencillo para reducir considerablemente la carga microbiológica de los indicadores de contaminación.

En la Tabla 2 se presenta la composición química de nitrógeno total y fósforo total de las muestras M2, M3 y M4 determinadas en porcentaje en peso seco. El aprovechamiento de biosólidos como fertilizante orgánico es una opción viable, para esto las muestras de biosólidos analizadas deben ser clasificadas dentro de la NOM-004-SEMARNAT-2002 como tipo excelente, por su contenido de metales pesados, para que estos no afecten o contaminen el suelo en el cuál se deba aplicar. Y como Clase C, por los L.M.P. de los indicadores microbiológicos de contaminación, para que no exista una vía de contaminación microbiológica la cual pueda afectar la salud humana.

Al mismo tiempo se debe tener una regulación en las dosis de aplicación al suelo para conocer en que cantidades sea recomendable su aplicación agrícola.

En este estudio se obtuvo la representación gráfica del rendimiento de rábano como se muestra en la Figura 1. Se demostró que se obtuvieron mayores rendimientos en comparación con el control (0% biosólido, 100% suelo) en las dosis de aplicación de 20% y 70%. Sin embargo, no se observa un crecimiento lineal o exponencial respecto a la dosis de biosólido aplicado, se podría decir que es debido a que el cultivo no requiere muchos nutrimentos para su desarrollo.

CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis microbiológico obtenido de la muestra 1 y 3 se obtienen biosólidos con

<2,000,000 NMP/gST de coliformes fecales, <300 NMP/gST de Salmonella spp. y <10 Huevos de Helminto en 2 g de ST. La muestra 2 resulta con índices más altos, pero estos pueden reducirse significativamente mediante el secado. Asimismo, la digestión anaerobia de biosólidos (por lo cual son sometidos los biosólidos en la PTAR de San Jerónimo) es un proceso que reduce significativamente los índices y ubica los lodos tratados dentro de la clase C [6].

El análisis fisicoquímico respecto al contenido de N y P en la muestra 2 con 1.19% de N y 3.51% de P_2O_5 y la muestra 3 con 0.69% de N y 2.24% P_2O_5 se encuentran en concentraciones altas en similitud con el estudio de Robledo, E. 2012. El contenido de N y P en la muestra 4, es muy bajo, y por eso la necesidad de agregar estos nutrientes al suelo para los cultivos.

Del análisis microbiológico obtenido de los biosólidos de la muestra 1 y 3 generados en la PTAR de San Jerónimo, Purísima del Rincón, Guanajuato, se obtienen biosólidos dentro del tipo excelente y de la Clase C, establecidos en la NOM-004-SEMARNAT-2002 como clasificación de biosólido apto de aprovechamiento en usos agrícolas y para cultivos de tallo corto ya que aumenta su rendimiento por su alto contenido de N y P. Adicionalmente, en caso de contar con indicadores microbiológicos de contaminación más altos, la muestra 3 demuestra que estos pueden reducirse significativamente mediante el secado (técnica de reducción de patógenos). Será necesario analizar, debido a los resultados de rendimiento en la figura 1, a mayor profundidad los factores que deban considerarse para posteriores pruebas en invernadero de dosis de aplicación de biosólidos para uso agrícola en hortalizas.

Tabla 1: Pruebas microbiológicas de biosólido y L.M.P. de acuerdo a la NOM-004-SEMARNAT-2002

DETERMINACIÓN	RESULTADOS Base seca			L.M.P. (base seca)		
	M1	M2	M3	CLASE A	CLASE B	CLASE C
1.NMP/g ST de Coliformes Fecales	< 3 000	≤ 2 400 000	240 000	< 1 000	< 1 000	< 2 000 000
2.NMP/g ST de Salmonella spp.	< 300	1 500	< 300	< 3	< 3	< 300
3.Huevos de Helminto en 2g de ST	< 1	6	1	< 1 (a)	< 10	< 35

Tabla 2: Resultado de determinación de Nitrógeno y Fósforo en muestras de biosólidos y suelo

DETERMINACIÓN	RESULTADOS		
	M2	M3	M4
1. % Sólidos Totales	17.64	94.01	62.08
2. % Nitrógeno *	1.19	0.69	0.16
3. % Fósforo P ₂ O ₅ *	3.51	2.24	0.25

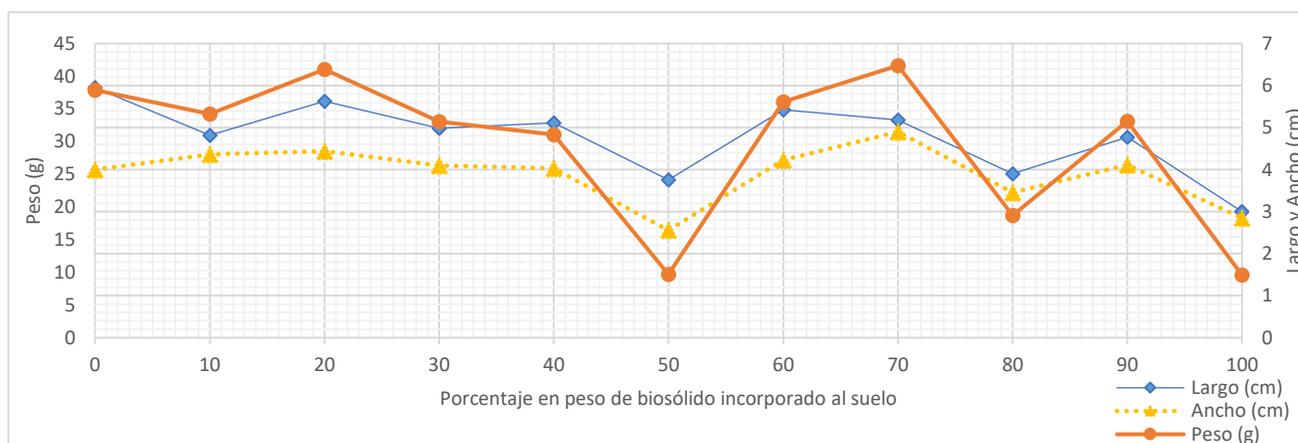


Figura 1. Representación gráfica del rendimiento de rábano (*Raphanus sativus*) con dosis creciente de biosólido aplicado al suelo.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue desarrollado gracias a la Maestra en Ciencias Ma. Cruz Rivera Mosqueda por su comprensión, apoyo y colaboración para la realización del proyecto.

REFERENCIAS

[1] Ahmad, T. Ahmad & K. Alam (2016) Characterization of Water Treatment Plant's Sludge and its Safe Disposal Options. *Procedia Environmental Sciences*, Elsevier (35), pp 950-955

[2] SEMARNAT. (24 de septiembre de 2002). Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección Ambiental. - Lodos y Biosólidos. - Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Distrito Federal, México.

[3] Metcalf & Eddy, Inc. (2003) *Wastewater Engineering Treatment and Reuse International Edition*. Nueva York: McGraw-Hill

[4] Santoyo Robledo, E. (2012) *Manejo y Uso de Biosólidos en Suelos Agrícolas*. Texcoco, Edo. De México. Instituto de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas.

[5] Marilio, A. (2002) *Manual de Instrucciones C214 Fotómetro Multiparámetro de Sobremesa para aplicación en Tratamiento de Aguas Residuales*. Villafranca Padovana, Italia. Hanna Instruments.

[6] Walker, J. Knight, L. & Stein L. (1994) *A Plain English Guide to the EPA Part 503 Biosolids Rule*