

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO Y CALIDAD DEL PASTO KIKUYO (*Cenchrus clandestinum* Hochst. Ex Chiov) CON APLICACIÓN DE BIOSOLIDOS

Edna Ivonne Leiva R.¹, Mario Morales H.², Ramiro Ramírez P.¹

1. Profesores Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, eileiva@unal.edu.co

2. Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional de Colombia

RESUMEN

La generación de aguas residuales ha aumentado al ritmo que se incrementa la población y la concentración de la misma en centros urbanos, por lo que se hace necesario depurar el agua antes de enviarlas a los ríos. Las plantas de tratamiento de aguas servidas generan un lodo cuya depositación causa efectos sobre la atmósfera, el suelo, las aguas, las plantas, los animales y el hombre, siendo común en ellos la emisión de olores ofensivos, elevada salinidad, exceso de nutrientes, acumulación de microorganismos patógenos, toxicidad por contaminantes orgánicos y metales pesados. En este trabajo se realizó la caracterización química del biosólido y el suelo de pasturas que han recibido biosólidos con una aplicación y otras parcelas con dos años de aplicaciones cada 45 días. Los análisis microbiológicos se realizaron con protocolos de Laboratorio clínico. Los biosólidos son altos en materia orgánica, el Mn, Cu y Zn extremadamente elevados, en el suelo se halló que después de 2 años se aumentaron los contenidos de los minerales y de la materia orgánica, aparecieron patógenos entre ellos los de mayor importancia clínica son: *Ascaris lumbricoides*, *Trichonella spiralis*, *Faciolopsis buski*, causantes de enfermedades gastro-intestinales. La adición de estos materiales puede afectar la salud del suelo y la humana.

INTRODUCCION

La población de distintos países del mundo, ha venido en aumento, incrementando con ello, el volumen de aguas residuales, generándose una de las problemáticas de mayor

impacto ambiental, que afecta principalmente las grandes urbes, sin que las pequeñas ciudades sean ajenas a esta situación.

En Colombia los efluentes domésticos superan los 3 millones de m³/día, su disposición inadecuada conduce al deterioro de los recursos naturales y del medio ambiente, para mitigar este impacto el tratamiento de las aguas servidas es una necesidad y ante todo una obligación. Las plantas de tratamiento de aguas residuales han sido propuestas como una alternativa para dar solución a problemas de contaminación del recurso hídrico en muchas ciudades.

En el valle de Aburrá, Antioquia, durante el proceso de depuración de unos 1100 litros por segundo, de aguas servidas en la planta de tratamiento San Fernando, se generan diariamente 90 toneladas de biosólidos y a futuro esta cantidad aumentará. El pasto de mayor área en las zonas frías es el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, ahora *Cenchrus clandestinum* Hochst. Ex Chiov) es un pasto perenne rastrero con estolones que son sus estructuras de propagación, por lo que puede expandirse rápidamente y competir con otras especies de pastos y dicotiledóneas; a pesar de estas características su crecimiento se ve afectado por las extremas condiciones climáticas, tanto la sequía como la inundación, pero se repone fácilmente, aunque tolera encharcamiento por cortos períodos. Crece naturalmente en suelos profundos y bien drenados, tolera suelos salinos o ácidos, aunque puede disminuir su nivel nutricional (Marais, 2001)

Los biosólidos son el subproducto del tratamiento de aguas residuales, los cuales han recibido cualquier tratamiento de estabilización, enfocados a reducir el volumen de agua, para facilitar su manejo y transporte, para poder disponerlos adecuadamente y cumplir con los requisitos de protección de la salud pública y el ambiente (EPA, 1999a),

Sin embargo, la normativa aun incipiente en cuanto a la disposición de biosólidos en nuestro país, en lo referente al empleo de estos materiales y aunque dada la clara restricción del ICA, estos son aplicados en sistemas de producción intensiva de ganado lechero, sin que se regule de forma alguna su aplicación, y en ausencia de estudios

sistemáticos previos de las posibles consecuencias que pueda ocasionar su empleo en las cadenas tróficas, en las fuentes de agua y en los suelos.

La estabilización de los lodos se refiere a los procesos que reducen la capacidad de su fermentación, y a su vez, disminuyen la concentración de patógenos, el potencial de generación de olores y el contenido de sólidos volátiles.

Los biosólidos están formados principalmente por partículas sólidas, no retenidas en los pretratamientos físicos del agua, por materia orgánica, metales pesados y microorganismos (Daguer, 2003). Su depositación causa efectos sobre la atmósfera, el suelo, las aguas, las plantas, los animales y el hombre, siendo común en ellos la emisión de malos olores, elevada salinidad, exceso de nutrientes, toxicidad por contaminantes orgánicos y metales pesados (Abad, 1998; Ramírez et al., 2007), además de la presencia de organismos patógenos (Campos, 2001). Los cuales se constituyen en factores limitantes para su aprovechamiento agrícola y podrían ser un riesgo de salud pública por su permanencia en el sistema (Abad, 1998) (Tabla 1).

En las zonas de producción lechera del nordeste de Antioquia el biosólido está siendo usado como material orgánico, fuente de nutrientes para incrementar la producción de las pasturas. Sin embargo, estos materiales pueden alterar la calidad composicional del forraje y afectar las cadenas tróficas, dada la presencia de metales pesados y microorganismos patógenos. La aplicación de biosólidos en suelos de poco desarrollo y con degradación física por compactación y erosión, debidas principalmente al tránsito animal, contrario al beneficio esperado, se puede convertir en un aspecto de impacto ambiental negativo.

Los suelos de esta zona son de alta pendiente, degradados por compactación debida al pisoteo del ganado y en su mayoría presentan pérdida de los primeros centímetros de la capa orgánica, por lo que la aplicación de biosólidos se convierte en la alternativa económica que aporta materia orgánica y minerales, aunque se desconoce sus posibles efectos negativos.

Tabla 1. Tiempo de supervivencia de patógenos en el suelo y plantas. (Fuente: Campos, 2001)

Patógeno	Suelo	Planta
Bacterias	Meses	Semanas
Virus	Meses	Semanas
Quistes de protozoos	Meses	Meses
Huevos de Helminto	Años	Meses

En este trabajo se caracterizó el suelo y la calidad nutricional y microbiológica del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum Hochst. Ex Chiov*) y evaluar los cambios en las ocasionados por la aplicación sucesiva de biosólidos de la PTAR San Fernando.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la Finca La Serranía, de AgroGalicía S.A., vereda La China del municipio de Bello (Antioquia), ubicada a una altura de 2475 m, con una temperatura media que varía entre los 14 y 16°C, una precipitación promedio de 1450 mm año⁻¹, humedad relativa de 75% y brillo solar promedio 4 horas día⁻¹, corresponde a zona de vida bosque húmedo montano bajo (bh – MB) (Espinal, 1992).

Las condiciones evaluadas correspondieron a: parcelas sin aprovechamiento agrícola (prístina), parcelas libres de biosólidos con manejo convencional, parcelas que recibieron una aplicación de biosólido y parcelas que durante los últimos dos años han recibido aplicaciones de biosólidos cada 45 días, en donde dada la distribución que realiza el agricultor, una aplicación podría ser equivalente a 7 ton de material por hectárea. Los muestreos de suelos y de pastura fueron tomados completamente al azar.

Variables evaluadas:

Se realizó caracterización química del biosólido, muestra tomada en la finca. Del suelo se realizó análisis químico: pH, % materia orgánica, C.I.C.E, contenidos de Al, Ca, Mg, K, P, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B, N-NO₃ y N-NH₄, y análisis microbiológico. De la pastura

se realizaron análisis bromatológicos y microbiológicos. Los análisis microbiológicos se realizaron con los protocolos de un laboratorio clínico, para la identificación de los parásitos o patógenos.

Los datos fueron analizados con el empleo del software para análisis estadístico SAS 8.0, se realizó análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Waller-Duncan.

RESULTADOS

Los biosólidos son materiales con pH casi neutro, la procedencia de los efluentes tales como desechos industriales, detergentes y otros residuos alcalinos generan esta condición. Con alto contenido de materia orgánica, y de elementos minerales, es de resaltar el elevado contenido de fósforo, azufre y boro; las relaciones Ca:Mg fueron 4,6:1, la de Mg:K fue también 4,6:1 y la de Ca:Mg:K 4,5: 1: 0,21. En micronutrientes, el Mn presenta 15 veces la concentración, que se considera alta, el Cu se encuentra 8 veces por encima del valor considerado alto y el Zn unas 27 veces mayor, a las proporciones apropiadas para el desarrollo y la producción agrícola. (Tabla 2). En este sentido la concentración de azufre podría estar en niveles tóxicos, igual que los micronutrientes.

El contenido de Cu y Zn está dentro de los límites permisibles reportados por la E.P.A., en tanto que para metales traza como el Mn la misma agencia no presenta valor de referencia.

Las variables químicas del suelo, en cada condición de estudio, evidenciaron cambios significativos después de dos años de aplicación continua de biosólido, tales como, aumento en el pH, e incremento en el contenido de materia orgánica, K, P, Ca, Fe, Mn, Cu, Zn, B y CICE (Tabla 3), pero no corresponden con lo esperado a este frecuente aporte y no se elevan a niveles altos para los cultivos, estos cambios del suelo con incremento de minerales fueron reportados por Ramírez et. al. (2007).

Tabla 2. Caracterización química del biosólido

Variable		Valor
pH		6,8
M.O	%	21,5
Ca	cmolc Kg ⁻¹	28,7
K	cmolc Kg ⁻¹	1,3
Mg	cmolc Kg ⁻¹	6
CICE	cmolc Kg ⁻¹	36
P	ppm	340
S	ppm	1523
Fe	ppm	189
Mn	ppm	152
Cu	ppm	25
Zn	ppm	10
B	ppm	3,3

El pH del suelo se incrementó con tendencia hacia el pH del material aplicado, el cambio se presentó en el corto tiempo. En cuanto al contenido de materia orgánica, no se encontraron diferencias significativas entre el suelo virgen y dos años de aplicación permanente de biosólidos.

Los contenidos de bases y micronutrientes, después de dos años de aplicación continua de biosólidos, se incrementaron significativamente, estos resultados presentan la misma tendencia que los obtenidos por Shober *et al* (2003), quienes encontraron aumento en los contenidos de bases y de Cu, Mn y Zn, en suelos de campos agrícolas en donde se empleó biosólido como sustituto de los diferentes fertilizantes empleados

El contenido de N en forma de nitratos y amoniacal aumentó significativamente con las aplicaciones del biosólido, probablemente dadas las condiciones de humedad y temperatura, la forma amoniacal fue la que predominó, esto afecta la calidad de las aguas subterráneas y del ambiente edáfico.

Tabla 3. Resultados de los Análisis de Suelos con diferentes manejos y aplicación de biosólidos

Parámetro	Prístina		Manejo convencional		Una Aplicación Biosólido		Dos años aplicación permanente biosólido	
pH	5,07	b	5,17	b	4,97	b	5,63	a
M.O. %	34,5	a	23,9	b	10,4	c	31,1	a
P ppm	2,33	b	2,33	b	45,0	a	42,3	a
K cmolc Kg ⁻¹	0,2	b	0,11	b	0,09	b	0,72	a
Al	6,5	a	3,63	b	3,57	b	-	a
Ca cmolc Kg ⁻¹	0,43	bc	0,8	b	0,63	b	7,63	a
Mg cmolc Kg ⁻¹	0,2	b	0,13	b	0,10	b	1,90	a
CICEcmolc Kg ⁻¹	7,33	b	4,70	ab	4,40	ab	10,3	a
S ppm	3,0	b	3,0	b	4,0	b	15,3	a
Fe ppm	172,7	b	141,3	b	241,3	a	253,3	a
Mn ppm	3,0	b	2,0	b	10,3	b	16,3	a
Cu ppm	1,0	b	1,0	b	1,0	b	4,7	a
Zn ppm	2,67	b	1,33	b	1,67	b	29,0	a
B ppm	0,10	b	0,07	b	0,30	a	0,47	a
N-NO ₃ ppm	3,33	ab	2,67	ab	2,0	b	7,33	a
N-NH ₄ ppm	59,33	b	30,67	c	30,3	c	88,0	a

* Tratamientos con diferente letra presentan diferencias significativas.

El suelo de manejo convencional presenta acidez, con altos contenidos de materia orgánica, pero la disponibilidad de bases es baja. Con una aplicación de biosólidos es notoria y significativa la disminución proporcional de materia orgánica, se incrementan los minerales sin diferencias con el suelo de manejo convencional, por estos cambios imperceptibles puede ser que se implementa la aplicación frecuente de biosólidos.

Los contenidos de minerales en la pastura se relacionan con los contenidos de minerales del suelo, el forraje que creció en el suelo con mayor tiempo de aplicación de biosólidos incrementó en sus tejidos la concentración de Ca, Cu, P, Mg, K, Zn y NO₃. (Tabla 4).

Los análisis bromatológicos de la pastura con aplicación de biosólido (Tabla 4), evidenciaron contenidos de minerales que se encuentran en niveles medios de calidad nutricional, sólo el K es alto y los nitratos exceden dos y tres veces el valor de referencia (Bernal, 1994). Respecto a la proteína sus contenidos son altos, en cambio

disminuyó considerablemente el contenido de lípidos y significativamente la fibra en detergente neutro.

Tabla 4. Análisis bromatológicos de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), con aplicación de biosólidos

Parámetro	Unidad	Una Aplicación Biosólido	Dos años aplicación permanente biosólido	Promedio de la zona *
Ca	%	0,29 b	0,39 a	0,365
Cu	(ppm)	9,50 a	10,00 a	9,25
Extracto etéreo	%	2,12	1,94	3,64
Fibra en detergente neutro	%	65,17 a	61,92 b	53,6
P	%	0,33 a	0,39 a	0,425
Fe	ppm	180,50 a	110,00 b	77,00
Mg	%	0,20 b	0,26 a	0,283
Mn	Ppm	77,00 a	51,67 b	41,00
NO ₃	Ppm	1209,80	2887,36	-
K	%	3,39 b	4,21 a	3,61
Proteína	%	17,37 b	20,12 a	23,67
Na	%	0,03	0,03	0,037
Zn	Ppm	29,50 b	35,00 a	36,25

*Análisis realizados en Laboratorio de bromatología Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Tratamientos con diferente letra presentan diferencias significativas

En general los contenidos minerales, en referencia con los promedios en las pasturas de la zona, son ligeramente más altos, inclusive es mayor la fibra pero el contenido de proteína y lípidos es menor.

Vélez, (2006) reporta como las concentraciones de metales pesados, tales como, As, Cd, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Se y Zn, en las hojas de pasto estrella africana *Cynodon plectostachys*, después de dos aplicaciones de biosólidos, se incrementan significativamente entre 1 y 200 veces, con respecto a suelos en donde no han sido aplicados, alcanzando los valores más altos el Mo y As.

Los análisis microbiológicos de pastura, no recuperaron estructuras de parásitos u otros microorganismos patógenos a niveles detectables, resultado que concuerda con lo reportado por Cárdenas (2006), quien explica que la concentración de fagos somáticos y de huevos de helminto se encuentran por debajo del límite detectable. Sin embargo, Campos et. al. (2007), informan que la concentración de los indicadores de contaminación fecal en pasto ryegrass se encontraron entre 10^1 y 10^2 para coliformes fecales y fagos somáticos a los 75 y 120 días después de la aplicación de biosólido, y los huevos de helminto están por debajo de los límites de detección de esta técnica.

Los resultados microbiológicos evidenciaron que al implementar e incrementar las aplicaciones de biosólidos, se hace más frecuente la presencia de patógenos humanos y animales en el suelo, entre ellos se destacan por su importancia médica, *Ascaris lumbricoides*, *Trichonella spiralis*, *Faciolopsis buski*, causantes de enfermedades gastro-intestinales.

Teniendo en cuenta la alta supervivencia de estos patógenos en el suelo, las tasas y frecuencia de aplicación del biosólido (cada 45 días), es presumible el riesgo en que se encuentra la salud pública. Estos resultados concuerdan con los estudios de Mara y Cairncross, (1989), quienes encontraron contaminación microbiológica en los suelos, tanto de protozoos, bacterias, virus y helmintos hasta 120 días después de la última aplicación. Y Cárdenas, (2006) quien encontró coliformes fecales, fagos somáticos y huevos de helminto (bioindicadores de contaminación fecal), 120 días después de la aplicación de biosólidos, información aún sin publicar corroboran que después de 26 meses de aplicación del biosólido persisten y aumentan las poblaciones de los mencionados indicadores de contaminación fecal, (Campos, comunicación personal, 2008).

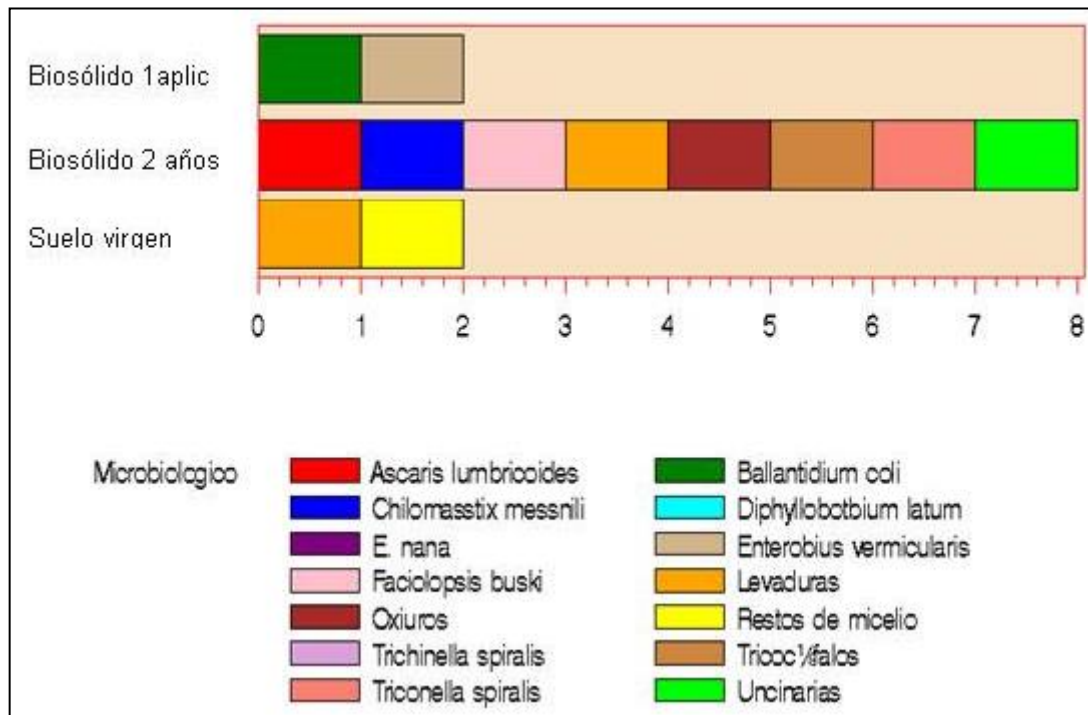


Figura. 1 Distribución de la presencia de microorganismos patógenos en los suelos de pastura con diferentes aplicaciones de biosólido.(Resultados de laboratorio clínico).

CONCLUSIONES

La aplicación de biosólidos en los cultivos de pasto kikuyo incrementó la presencia de *Ascaris lumbricoides*, *Trichonella spiralis*, *Faciolopsis buski*, causantes de enfermedades gastro-intestinales.

La aplicación de biosólidos por una vez no presenta cambios significativos en el contenido de minerales en el suelo, y la adición frecuente durante dos años no alcanza niveles aceptables para cultivos, por lo que no se justifica agrícola ni ambientalmente estas aplicaciones, porque se puede afectar la salud del suelo y de los humanos.



Figura 1. Tanque de preparación del bisólido.



Figura 2. Lote de pastura con aplicación sucesiva de biosólidos.



Figura 3. Lote de pastura con aplicación de biosólidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abad, M. 1998. Aprovechamiento del compost de residuos sólidos urbanos en agricultura. En: Residuos orgánicos, aprovechamiento agrícola como abono y sustrato. Editores: Orozco, F, Osorio, W. Universidad Nacional de Colombia sede de Medellín. 53-66p.

Bernal, J.E. 1994. Pastos y Forrajes tropicales. Producción y Manejo. 3º Edic. Banco Ganadero. 79-106 p.

Campos, C.; Moreno, G.; Ramírez, R. 2007. Comportamiento de indicadores de contaminación fecal en biosólidos utilizados en agricultura. IX Congreso de la Asociación de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. (AIDIS) Región 1. VI Congreso Nacional de la Asociación Cubana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. La Habana, 22-25 mayo de 2007.

Cárdenas, M. 2006. Evaluación del comportamiento de indicadores de contaminación fecal (coniformes, fagos somáticos, y huevos de helminto) en mezcla de biosólido y

suelo utilizadas para el cultivo de pasto ryegrass. Trabajo de Grado. Magíster en Microbiología. Universidad Javeriana. 125 p.

Espinal, L. 1992. Geografía ecológica de Antioquia. Zonas de vida. Medellín. 109 p.

Mara, D. y Cairncross, S. 1989. Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture. World Health Organization and United Nations environment program.

Marais, J. 2001. Factors affecting the nutritive value of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*)-A review. Tropical Grasslands. 35:65-84.

Ramírez, R.; Velásquez, D; Acosta, E. 2007. Efecto de la aplicación de biosólidos en el crecimiento de *Jacaranda mimosifolia* (Gualanday) y en las condiciones físicas y químicas de un suelo degradado. En: Revista Facultad Nacional de Agronomía, Vol 60 N°1. 3751- 3770 p.

Shober, A. Stehouwer, R. Macneal, K. 2003. On-farm assessment of biosolids effects on soil and crop tissue quality. Journal of Environmental quality. Vol. 32 (1873-1880). Disponible en: <http://jeq.scijournals.org/cgi/content/full/32/5/1873>. Consultada en: Noviembre de 2007.

Vélez, J. 2006. Destino de metales pesados en un suelo tratado con biosólidos provenientes de la Planta de tratamiento de aguas residuales San Fernando. Trabajo de Grado. Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. 75 p.