



Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci). EISSN: 2215-3896.

Julio-Diciembre, 1982. Vol 3-4(1): 29-38.

DOI: http://dx.doi.org/10.15359/rca.3_4-1.3

URL: www.revistas.una.ac.cr/ambientales

EMAIL: revista.ambientales@una.cr

Carlos A. Cervantes

Revista de CIENCIAS AMBIENTALES Tropical Journal of Environmental Sciences



Tratamiento en suelos de aguas residuales

Wastewater soil treatment

Carlos A. Cervantes



Los artículos publicados se distribuyen bajo una Creative Commons Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en <http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales>, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (*post print*) del artículo, siempre y cuando se realice sin fines comerciales y se mencione la fuente y autoría de la obra.

TRATAMIENTO EN SUELOS DE AGUAS RESIDUALES

CARLOS A.
CERVANTES

RESUMEN

Con el propósito de evaluar los efectos y las posibilidades del tratamiento en suelos de aguas residuales, se aplicaron residuos de destilería de ron o mosto sobre 3 sue-

* Profesor visitante. Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional.

los de Puerto Rico, los cuales clasificaban como: serie Bayamón (typic Haplortox), serie Coloso (tropic Fluvaquent) y serie Toa (fluventic Hapludolls).

Los niveles de agua aplicados a suelos fueron 15,00, 7,50 y 3,75 cm de lámina de agua. Las aplicaciones fueron hechas durante un período de 8 semanas aplicándose las aguas semanalmente. Las aguas se aplicaron a los suelos colocados en columnas de 110 cm de altura y 15 cm de diámetro interior, las cuales se colocaron en condiciones de laboratorio. Se analizaron los lixiviados de las columnas durante 11 semanas y los suelos fueron analizados antes y después del experimento. Se observó una acumulación de materia orgánica en el suelo al final del período de aplicación. Los suelos resultaron eficientes al remover los agentes contaminantes orgánicos reduciendo el COD de los afluentes tratados en más de un 90 0/o. Se observó que el comportamiento del Cl^- , SO_4^- y NO_3^- mostró ser independiente de la capacidad de intercambio iónico de los suelos siendo afectados por características hidráulicas del sistema.

Se determinaron acumulaciones de bases y sales solubles variables de acuerdo con el tipo de suelo. Se determinó un efecto agregante del mosto en los 3 suelos usados. La aplicación del mosto a los suelos resultó en un aumento del pH y la actividad bacteriana de los suelos.

INTRODUCCION

El tratamiento y la eliminación de las aguas residuales ha sido y continúa siendo uno de los problemas ambientales de mayor importancia en el mundo. En el año 1976 se producían solamente en Estados Unidos 380 billones de litros diarios en aguas de residuo municipales. La descarga de estas aguas parcialmente tratadas ha traído como consecuencia la contaminación de lagos, ríos y otros afluentes de aguas naturales. Las plantas de tratamiento por otro lado son costosas y difíciles de mantener. La enmienda al acta de control de contaminación de aguas de Estados Unidos estableció como meta nacional eliminar la descarga de contaminantes a las fuentes de aguas naturales. Una de las soluciones propuestas y que ha atraído la atención de las agencias especializadas es la aplicación de dichos residuos a suelos. Esta medida coincide con la escasez mundial de alimentos, fertilizantes y fuentes de energía. La aplicación de residuos en suelos con un doble propósito merece ser estudiada cuidadosamente. El trabajo realizado pretendió encaminar el estudio del uso de residuos industriales en suelos tropicales, estudiando sus posibilidades y efectos adversos en un sistema suelo-agua residual y estableció resultados preliminares.

MATERIALES Y METODOS

En la presente investigación se utilizaron aguas residuales provenientes de una

destilería de ron de Arecibo, Puerto Rico. Estas aguas fueron aplicadas a 3 suelos que fueron clasificados de la siguiente manera:

Suelo 1. Serie Bayamón. Clayey, oxidic, isohyperthermic Typic Haplorthox.

Suelo 2. Serie Coloso. Fine, mixed nonacid, isohyperthermic Aeric tropic Fluvaquent.

Suelo 3. Serie Toa. Fine, mixed, isohyperthermic Fluventic Hapludolls.

Las aguas fueron aplicadas a columnas de PVC que habían sido llenadas con los suelos bajo estudio. Las columnas medían 110 cm de alto por 15 cm de diámetro interior y fueron montadas en una estructura de hierro angular que les sirvió de soporte. Las columnas fueron construidas de tal modo que en su extremo inferior llevaban un embudo desmontable con una capa de algodón de vidrio. La parte final del embudo permitía recoger los lixiviados de las columnas en vasos graduados. Las columnas fueron llenadas con suelo perturbado pero conservando la misma secuencia de horizontes que el suelo poseía en condiciones naturales. El suelo se compactó en la columna a una densidad aparente similar a la que éste poseía en el campo. En total fueron llenadas 12 columnas de PVC con los 3 suelos en estudio. Cada suelo recibió 3 niveles de mosto y se utilizó un blanco de cada uno de los 3 suelos que solamente recibió agua destilada. Los niveles de agua destilada y agua residual utilizada fueron de 15,00, 7,50 y 3,75 cm de lámina de agua, lo que corresponde a un volumen de 401, 400, 200, 659 y 100,330 gal. por Ha., respectivamente. Esta dosis total se dividió en 8 aplicaciones. Adicionalmente a cada columna se le aplicó una dosis de agua destilada de 45 cm de lámina de agua lo que corresponde a la precipitación pluvial promedio de la zona de donde provenían los suelos; especialmente las áreas de Mayagüez y Manatí. Semanalmente se recogieron muestras de los lixiviados de las columnas y se analizaron para determinar demanda química de oxígeno (COD), calcio, magnesio, potasio, sodio, ortofosfatos, sulfatos, nitratos, cloruro, hierro, cobre, zinc y pH. Los análisis se hicieron de acuerdo con los métodos de la Environmental Protection Agency (EPA) (2).

Al final del período de aplicación de aguas se sacó el suelo de las columnas y se muestreó a dos profundidades procediéndose a realizar análisis de materia orgánica, calcio, magnesio, potasio, sodio, ortofosfatos, sulfatos, nitratos, hierro, cobre, zinc, nitrógeno total, pH y análisis de estabilidad de agregados.

Los análisis de materia orgánica se hicieron de acuerdo con el método modificado de Black (1). Los nitratos se hicieron por el método de los electrodos selectivos (7). El nitrógeno total se hizo por el método de Kjeldahl (1).

Los metales se hicieron por los métodos convencionales de análisis en suelos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (1).

CUADRO No. 1: Densidad aparente (D.A.), densidad real (D.R.), % de porosidad y capacidad de intercambio catiónico de los suelos utilizados.

Suelo	Profundidad cm	D.A. g/cc	D.R. g/cc	Porosidad %	C.I.C. meq/100 g.
BAYAMON	0-30	1,40	2,59	45,92	8,2
	30-60	1,45	2,69	44,69	6,0
COLOSO	0-30	1,26	2,36	46,71	32,3
	30-60	1,22	2,30	46,94	30,9
TOA	0-30	1,26	2,34	46,25	31,9
	30-60	1,07	2,36	54,69	29,4

CUADRO No. 2: Análisis químico del mosto utilizado en los suelos estudiados.

Nitratos	48	ppm
Nitrógeno total	2.000	ppm
Sulfatos	3.000	ppm
Fosfatos	77	ppm
Cloruros	2.400	ppm
COD	82.176	ppm
pH	4,4	ppm
Zinc	16	ppm
Calcio	1.440	ppm
Magnesio	780	ppm
Potasio	3.700	ppm
Sodio	208	ppm

RESULTADOS Y DISCUSION

Materia orgánica y actividad bacterial

La mayoría de los microorganismos del suelo requieren de materia orgánica para obtener el carbono y la energía necesaria para sus funciones fisiológicas. La actividad de estos organismos depende de los residuos orgánicos disponibles, factores ambientales así como factores de suelo tales como pH, etc. Los resultados del análisis bacterial final que son llevados a cabo en los suelos muestran un incremento en la actividad bacterial de los suelos tratados con residuos en relación con los testigos. Los análisis finales de materia orgánica de los suelos mostraron un incremento en el contenido de materia orgánica de los suelos tratados en relación con los testigos para todos los suelos y todos los niveles de mosto. Por otra parte, el análisis semanal de las aguas de lixiviación recogidas al pie de las columnas no sobrepasó las 2.000 ppm de COD. Si consideramos que los valores del COD del mosto antes de ser aplicados a los suelos sobrepasaban las 82.000 ppm, esto constituye una reducción del contenido de COD de las aguas de más del 90 0/o, lo que demuestra gran efectividad de los suelos para eliminar los contaminantes orgánicos de las aguas. Este efecto de reducción se produce al ser retenidos los sólidos en el suelo y ser descompuestos mediante los procesos metabólicos de los microorganismos.

Nitrógeno

Durante el experimento se pudo comprobar que el contenido de nitratos en los lixiviados de los suelos disminuyó conforme se avanzaba en la aplicación de los residuos. Este fenómeno pudo originarse debido al posible sellado ocurrido en los suelos por la presencia de gran cantidad de sólidos suspendidos en las aguas, lo cual condujo el suelo a condiciones de reducción, las cuales pueden originar pérdidas de nitrógeno por denitrificación. Este fenómeno ha sido observado por Volz (citado por Elliot) (4). El nitrógeno total se incrementó en los suelos tratados y el tratamiento dio como resultado aumentos del porcentaje de nitrógeno total en los suelos de 0,09 0/o y más y del contenido de nitratos desde valores previos al tratamiento de 10 ppm hasta valores finales de 114 ppm. La disminución del contenido de nitratos en los lixiviados es importante ya que el nitrato es un fuerte contaminante de fuentes de aguas naturales (Cuadro 3).

Bases cambiables

En lo que respecta a las bases Ca, Mg, K y Na, su comportamiento en los suelos pareció ser afectado únicamente por la capacidad de intercambio catiónico de los suelos y por el drenaje de éstos. Así los suelos con mayor capacidad de intercambio, como

CUADRO No. 3: Resultados de los análisis finales de las muestras de suelo después de ser sometidas a los diferentes tratamientos.

SUELO	Tratamiento	Ana. Bact. Bac x ml	Mat. Orga. o/o	NO ₃ ppm	N.T. ppm	Ca ppm	
Bayamón	Testigo	32,7	1,6	8	0,01	1.182	
	Mosto	15 cm	77,5	2,5	94	0,10	1.025
		7,5 cm	—	1,5	70	0,09	812
		8,75 cm	12,0	2,3	20	0,08	998
Coloso	Testigo	22,5	3,1	14	0,14	2.609	
	Mosto	15 cm	64,0	3,3	56	0,16	1.739
		7,5 cm	—	4,2	110	0,19	2.154
		3,75 cm	12,0	3,6	34	0,17	2.526
Toa	Testigo	10,5	1,8	12	0,09	2.048	
	Mosto	15 cm	14,0	2,8	20	0,11	1.735
		7,5 cm	—	2,8	34	0,13	1.969
		3,75 cm	19,5	2,2	16	0,16	2.166

los suelos Coloso y Toa, retuvieron mayor cantidad de bases comparados con el suelo Bayamón, el cual poseía una menor capacidad de intercambio. Esto se comprobó en el análisis final de los suelos Coloso y Toa comparado con el suelo Bayamón.

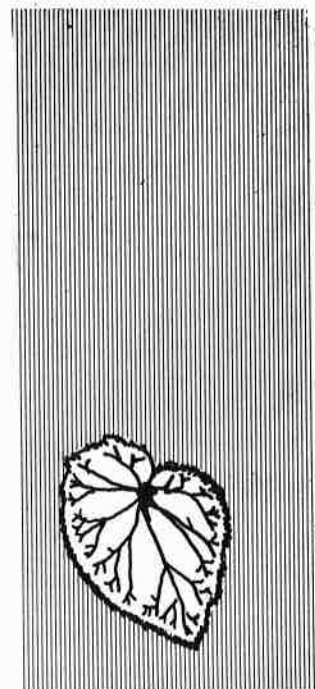
Concentración de iones hidrógeno

La acumulación de bases en solución en los suelos originó un aumento en el pH de los suelos tratados con residuos. Esto no concuerda con las recomendaciones de encalado que se dan en la literatura para sistemas de aplicación de residuos (3, 6).

Sales solubles

La aplicación de una alta concentración de sales en un corto período de tiempo originó un aumento en la conductividad eléctrica de los suelos, este efecto es más notable en los suelos de drenaje más lento como lo son Coloso y Toa. El riesgo principal en la utilización de aguas residuales está determinado más por su contenido total de sales que por su contenido de sodio. Si existe un equilibrio del sodio con las otras ba-

Mg ppm	K ppm	Na ppm	PO ₄ ppm	SO ₄ ppm	Con. Elec mmhos/cm	pH
99	60	4	2	400	0,34	6,9
280	881	26	4	367	1,16	7,8
223	600	17	4	234	0,80	7,8
178	523	14	2	367	0,47	8,0
625	180	13	0	10	0,33	5,7
929	1.939	57	0	140	2,18	7,6
900	1.965	63	7	210	2,64	7,5
713	660	24	2	119	0,92	7,6
999	34	14	0	0	0,16	6,5
875	1.415	43	0	350	1,60	7,6
998	1.059	34	0	189	1,15	7,0
966	153	22	2	119	0,56	6,9



ses, el peligro de efectos negativos sobre la estructura del suelo es menor. El problema más importante que origina un exceso de sodio en los suelos que contengan arcillas de retículo expandible es la posibilidad de llevar el suelo a condiciones de dispersión que originarían problemas de drenaje (8).

Fosfatos y sulfatos

El fósforo mostró un comportamiento propio de los elementos de poca solubilidad. Su concentración disminuyó en los lixiviados a medida que se avanzaba en la aplicación, el fósforo se incrementó en los suelos tratados en una forma leve. El movimiento del sulfato pareció estar afectado por las características de drenaje del suelo, donde el sulfato fue poco retenido en suelo Bayamón y más retenido en los suelos Coloso y Toa.

Estructura del suelo

El efecto negativo de una alta concentración de sodio sobre la estructura del sue-

lo parece haber sido neutralizado por la presencia de otros cationes. En los suelos tratados con mosto se observó un aumento en la estabilidad de los agregados del suelo. Esto concuerda con lo observado por Pérez E. (8), quien determinó un efecto agregante del mosto sobre los suelos.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se desprende la importancia del sistema de aplicación en un sistema de deposición de residuos líquidos en suelos. Los suelos de mayor capacidad de intercambio catiónico pueden recibir aplicaciones más altas de aguas residuales, al tener mayor capacidad de retener las bases presentes en estas aguas. Los aniones presentes en las aguas no van a ser retenidos y van a ir a las aguas naturales en una mayor proporción. Los tres suelos utilizados demostraron ser efectivos al retener más del 90 % de los contaminantes orgánicos presentes en las aguas.

El mosto o residuo de destilería utilizado demostró un efecto positivo sobre la estructura al aumentar la estabilidad de los agregados del suelo, lo cual mejoraría las condiciones físicas de éste.

La actividad bacteriana de los suelos fue afectada favorablemente debido a la adición de grandes cantidades de sustrato al suelo.

Es de importancia señalar el aumento del pH debido a la aplicación del mosto a los suelos lo que beneficiaría a los suelos de pH bajos y ofrece muchas posibilidades para ser utilizado agrícolamente.

LITERATURA CITADA

- (1) *AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY. Methods of soil analysis. Madison, Wisc. 1965.*
- (2) *AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of waters and waste waters. 14 Edic. Washington D.C. 1975.*
- (3) *BURTON, T. et ál. Utilization of natural ecosystems for waste waters renovation. EPA-905/3-79-003. 1970.*
- (4) *ELLIOT, J.; STEVENSON, P. Soils for management of organic wastes and waste waters. Soil Sci. Soc. of Ame. Madison, Wisconsin, U.S.A. 1977.*
- (5) *JOHNSON, D. et ál. The influence of anion mobility on ionic retention in waste water irrigated soils. J. of Env. Qua. 8 (2): 246-250. 1979.*
- (6) *KNEZEEK, B. et ál. Application of sludges and waste waters on agricultural lands. A planning and educational guide. EPA. Office of waters program operations. Washington D.C. 1976.*
- (7) *MILHAN, P. et ál. Analysis of plants, soils and waters by using an ion selective electrode. Analyst. 95: 751-757. 1970.*
- (8) *PEREZ E., R. Stability of soils treated with distillery slops or blackstrap molasses. J. of agr. of the U.P.R. 50: (3): 174-185. 1966.*

