

## EVALUACION DE SEDIMENTOS MARINOS AFECTADOS POR EFLUENTES CLOACALES COMO SUSTRATO VEGETAL

ME VAZQUEZ, A PELLEGRINI., G MILLAN, R CARRIZO, JW LANFRANCO

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Av. 60 y 119 – La Plata (CP 1900) – CC 31 – E-mail: mevazquez@infovia.com.ar

Recibido 28 de noviembre de 1999, aceptado 8 de noviembre de 2000.

### EVALUATION OF MARINE SEDIMENTS AFFECTED BY SEWAGE SLUDGE USED AS PLANT SUBSTRATUM

With the purpose of evaluating possible use of marine sediments with sewage sludge that is now poured in Bahía Encerrada, Usuahia, Tierra del Fuego, as plant substratum, and the environmental risk, were performed chemical analysis, microbiological and a biological test with plants (*Lolium multiflorum*, *Festuca arundinacea*, *Tynopiron ponticum*) that were cultivated in the greenhouse under controlled conditions of growth. The variables evaluated were: place of the bay where the sediment comes from, plant species and different mixtures with the upper horizons of a Typic Argiudoll soil. The plant shoot biomass accumulated along 3 months in 100 g pots was analysed. There was a statistically significant difference ( $P < 0.01$ ) for the interaction between the origin of the sediment and their proportion in the mixture with soil. A multiple comparison analysis of the simple factors indicated that sediment contents equal or higher than 50%, independently of its origin, affected plants growth negatively. For those treatments with 25% of sludge more distant of the dumping place, comparable results were found and it was also found an increase of the plant shoot biomass in relation with the non added sediment control. The main restrictions for the agronomic use of the sludges were their high salinity, sodium adsorption relation (SAR), and sulphate content, and the unbalanced bases ratio. Water had also microbiological restrictions because of the high number of total Coliformes and the presence of fecal Coliformes. A useful destination is possible only with a previously treatment of the sediment to ensure their sanitarian aptitude.

**Key words:** Sediment; Sewage sludge; Vegetable substratum; Environmental risk.

### INTRODUCCION

El constante crecimiento de los núcleos urbanos trae aparejada la dificultad de dar destino a sus desechos. El aporte incontrolado de los mismos puede afectar negativamente a los ecosistemas receptores (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1995). Una gran proporción de estos desechos está constituida por efluentes cloacales, los cuales generan problemas de diversa índole cuando se vierten incontroladamente y sin depuración previa. Dichos efluentes están integrados tanto por residuos de áreas residenciales como industriales, y en la mayoría de los casos se destinan finalmente a cursos de agua o al mar. Una alternativa de uso racional podría estar constituida por su empleo en la agricultura, ya sea con tratamiento previo de estos residuos mediante técnicas de compostaje (Mazzarino *et al.* 1997), o mediante el agregado directo al suelo (Harris *et al.* 1984, Alvarez *et al.* 1998). El aporte de materia orgánica y la rápida disponibilidad de nitrógeno, serían los principales beneficios de su utilización (Nijensohn, Gaviola de Heras 1989, Mazzarino *et al.* 1997, Bertoncini *et al.* 1999, Canellas *et al.* 1999).

En Ushuaia, Tierra del Fuego, se plantea la posibilidad de recuperación de Bahía Encerrada para uso paisajístico y recreacional. Este lugar fue objeto del vertido incontrolado de efluentes cloacales. El proyecto de recuperación del área prevé la extracción de sedimento saturado, como barros para su posterior depósito en lugares elegidos a tal fin.

Se plantea como hipótesis que el lugar de procedencia del sedimento referido a su distancia al vertedero, puede afectar el crecimiento de plantas superiores de distinta tolerancia a la salinidad, cuando es utilizado en mezclas con suelo en diferentes proporciones.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la factibilidad de utilización de sedimentos marinos, afectados por efluentes cloacales,

como sustrato vegetal y la calidad del agua sobrenadante a dicho sedimento, así como el riesgo ambiental asociado.

## MATERIALES Y METODOS

### - Muestreo de sedimentos y aguas

Se extrajeron tres muestras compuestas de sedimentos procedentes de diferentes lugares del lecho de Bahía Encerrada, seleccionados por su distancia decreciente a un vertedero sin pileta de decantación: sector 1 (S1, centro de la Bahía), sector 2 (S2, cercano al arroyo de desembocadura) y sector 3 (S3, cercano a la cámara de conexión). La profundidad de muestreo correspondió a los 50 cm superficiales del sedimento y la fecha del mismo abril de 1998. Luego de la homogeneización y enfriado, una porción de cada muestra fue conducida inmediatamente al laboratorio con la finalidad de realizar determinaciones microbiológicas. Otra porción fue secada al aire y tamizada a los efectos de ser utilizada para el análisis físico, químico y como sustrato de la experimentación con plantas superiores.

Se realizó la extracción de muestras de agua sobrenadante al sedimento de los 3 sectores.

### - Análisis microbiológicos

En las muestras de agua se realizaron los siguientes análisis: a) Recuento de coliformes totales: a partir de cada una de las muestras del lecho se realizaron 5 diluciones decimales con repetición, y se inocularon tubos con Caldo Mc Conkey, los cuales se incubaron a 37°C durante 48 h. Se consideraron tubos positivos los que mostraron producción de ácido y gas. La combinación de tubos positivos y negativos se utilizó para determinar el Número más Probable (NMP) de coliformes totales. El NMP se obtuvo a partir de la Tabla Report (American Public Health Association 1967). b) Confirmación de la presencia de coliformes fecales mediante Prueba de Eijkman: de cada uno de los tubos Mc Conkey positivos, se hizo una resiembra tomando material con un ansa y pasándolo a otros tubos de caldo Mc Conkey (precalentado a 44°C) el cual se mantuvo en baño de agua a 44,5°C durante 24 h. La producción de ácido y gas indica la presencia de *Escherichia coli* Tipo I. (American Public Health Association 1967). c) Colonias desarrolladas en medio Agar-Levine: a partir de los tubos Mc Conkey incubados a 44,5°C con resultado positivo, se sembraron cajas de Petri conteniendo medio Agar-Levine durante 24 y 48 h. Se realizó luego la caracterización morfológica de las colonias a fin de identificar *Escherichia coli* y *Enterobacter sp.*

En los sedimentos se determinó la actividad microbiana, que fue evaluada a través de la activi-

dad respiratoria sin y con el aditivo de glucosa a razón de 1 g / 100 g de barro (Dommergues 1968). Dicho análisis fue realizado por triplicado para cada sector.

### - Análisis físicos y químicos

a) Sedimentos: se analizaron a través de las diferentes metodologías físicas y químicas listadas a continuación: textura (hidrómetro de Bouyoucos) (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca 1996); estados hídricos (33 y 1.515 KPa, membrana de Richards); pH (suelo:agua 1:2,5; determinación potenciométrica); C (dicromatometría); N total (digestión húmeda y destilación microKjeldahl); P extractable ( $P_{BK}$ , Bray-Kurtz N°1) (Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo – Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca 1988); capacidad de intercambio catiónico (CIC, Ac. Amonio 1N pH 7) (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca 1990); conductividad eléctrica en extracto de saturación (CE) - (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca 1995); cationes del extracto de saturación ( $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$ , quelatometría con EDTA;  $Na^+$  y  $K^+$ , fotometría de llama); aniones del extracto de saturación ( $Cl^-$ , argentimetría;  $CO_3^{2-}$  y  $CO_3H^-$ , volumetría ácido-base;  $SO_4^{2-}$ , turbidimetría); B (extracción con agua caliente y determinación colorimétrica); Zn, Cu, Mn (extracción con EDTA y determinación por absorción atómica); Mo (extracción con resina de intercambio y determinación por espectrometría de emisión de plasma de Argón) (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca 1997); Co, As, Ni, Cd, Pb (digestión con HF y determinación por espectrometría de emisión de plasma de Argón); Hg (extracción con permanganato y determinación por absorciometría atómica con vapores atómicos fríos) (Bigham 1996).

b) Aguas: se evaluaron los contenidos de sales por conductividad eléctrica (CE), pH, contenido de sólidos disueltos,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ , relación de adsorción de Na (R.A.S.),  $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $CO_3H^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , utilizando las mismas metodologías enunciadas para sedimentos.

### - Ensayo biológico

Se realizó un ensayo bajo condiciones controladas de invernáculo con las siguientes plantas superiores: *Lolium multiflorum*, *Festuca arundinacea*, *Tynopiron ponticum*. Las mismas fueron elegidas por su diferente tolerancia a la salinidad, dada la naturaleza de los sedimentos. El conocimiento previo de esta cualidad y la comprobación de su efecto fitocida cuando es utilizado como único elemento del sustrato, condujo a la desestimación de su empleo en esta forma. Este tipo de ensayo fue seleccionado teniendo en cuenta experiencias anteriores citadas en la literatura

(Hirschheydt, Hertlendy 1983). El ensayo fue llevado a cabo mediante un diseño completamente al azar y arreglo factorial ( $3^2 \times 4$ ), con 2 repeticiones. Los factores ensayados fueron: sector de procedencia del sedimento (3, azar), especie vegetal (3, fijo) y diferentes mezclas con un horizonte superficial de un suelo Argiudol Típico, que también se utilizó como testigo (4, fijo). El suelo utilizado poseía las siguientes características generales: textura franco limosa, 27,8 g kg<sup>-1</sup> de materia orgánica, 1,68 g kg<sup>-1</sup> de N total; pH en agua (1:2,5) 5,6; CIC 17,0 cmol kg<sup>-1</sup>; P<sub>BK</sub> 18,0 mg kg<sup>-1</sup>.

Las unidades experimentales fueron maceas con 100 g de sustrato, en las que se utilizó el sedimento en las siguientes proporciones: 0 % (testigo), 25 %, 50 % y 75 %. Las mismas fueron regadas de manera de mantener su contenido hídrico al 80 % de la capacidad de campo. La siembra se realizó con semilla tratada con fungicida, cubriendo íntegramente la superficie de la maceta. La variable analizada fue biomasa aérea acumulada durante 3 meses mediante cortes quincenales y secada a 60°C.

El análisis estadístico incluyó los siguientes pasos: análisis de homogeneidad de variancias de los tratamientos a través de método de Bartlett,

asimetría y curtosis; análisis de la variancia según un modelo paramétrico; prueba de comparación múltiple de Tukey (Steel, Torrie 1993).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### - Análisis químicos de sedimentos y aguas

La caracterización física y química de los sedimentos figura en la Tabla 1. Los resultados del análisis del agua sobrenadante figuran en la Tabla 2.

Los sedimentos provenientes de los 3 sectores (S1, S2 y S3) son de condiciones texturales medias-finas. Poseen alta retención de humedad, a la vez que un relativamente bajo contenido de agua útil, especialmente en S1, aspecto posiblemente ligado a la naturaleza de los coloides y al contenido y composición de las sales dominantes. La reacción de los sedimentos es ácida; su RAS es elevada, especialmente en S2 y S3, lo que podría estar causado por el contenido de materia orgánica y SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Si bien S1 es el sector de mayor interrelación con el agua de mar por lo que se esperaría mayor salinidad en él, la salinidad

Tabla 1. Características físicas y químicas de los sedimentos.

Table 1. Physical and chemical characteristics of sediments.

	Sector de Muestreo			CV (%)
	S 1	S 2	S 3	
Clase textural	Franco	Franco limoso	Franco limoso	
Porcentaje de saturación hídrica (%)	125.7	92.3	91.2	19.0
Retención de humedad a 33 KPa (%)	32.8	24.1	27.8	15.5
Retención de humedad a 1515 KPa (%)	30.5	16.8	16.1	38.4
pH, suelo/agua 1: 2,5	5.8	5.6	5.1	6.6
Materia orgánica (g kg <sup>-1</sup> )	171.1	79.3	72.6	51.1
N total (g kg <sup>-1</sup> )	7.6	2.4	2.4	72.6
Relacion C/N	13.6	19.2	17.5	17.1
P <sub>BK</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	72.5	46.7	35.7	36.6
CIC (cmol kg <sup>-1</sup> )	19.3	7.2	7.4	61.3
<b>Extracto de saturación</b>				
C.E (dS m <sup>-1</sup> )	15.15	46.80	39.70	49.0
Ca <sup>2+</sup> (mmol L <sup>-1</sup> )	7.3	44.3	41.5	66.4
Mg <sup>2+</sup> (mmol L <sup>-1</sup> )	22.5	98.3	79.6	59.1
Na <sup>+</sup> (mmol L <sup>-1</sup> )	100.1	285.6	255.6	46.6
K <sup>+</sup> (mmol L <sup>-1</sup> )	4.8	5.9	5.0	11.2
R.A.S.	25.9	33.8	32.8	14.0
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (mmol L <sup>-1</sup> )	66.3	34.1	21.8	56.4
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mmol L <sup>-1</sup> )	9.0	< LD	< LD	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mmol L <sup>-1</sup> )	19.8	374.5	327.4	80.1
Cl <sup>-</sup> (mmol L <sup>-1</sup> )	41.8	18.3	9.1	73.1
B (mg kg <sup>-1</sup> )	8.90	9.20	9.70	4.4
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	60.00	157.20	145.80	43.9
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	22.20	23.60	22.20	3.6
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	79.80	45.80	78.20	28.2
Mo (mg kg <sup>-1</sup> )	0.30	0.40	0.24	25.8
Co (mg kg <sup>-1</sup> )	3.00	3.20	3.80	12.5
As (mg kg <sup>-1</sup> )	<0.25	<0.25	<0.25	-
Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	19.40	25.40	29.00	19.7
Cd (mg kg <sup>-1</sup> )	1.10	1.00	1.35	15.7
Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	32.30	129.60	116.30	56.9
Hg (mg kg <sup>-1</sup> )	2.01	0.42	2.29	64.1

Tabla 2. Características químicas del agua.  
Table 2. Chemical characteristics of the water.

	Sector de Muestreo			CV (%)
	S1	S2	S3	
C.E (dS m <sup>-1</sup> )	0.52	0.54	0.59	6.6
pH	6.8	6.7	6.6	1.5
Ca <sup>2+</sup> (mmol L <sup>-1</sup> )	2.8	1.8	1.9	2.5
Mg <sup>2+</sup> (mmol L <sup>-1</sup> )	0.5	0.9	0.7	28.6
Na <sup>+</sup> (mmol L <sup>-1</sup> )	1.6	1.5	1.7	6.25
K <sup>+</sup> (mmol L <sup>-1</sup> )	0.2	0.2	0.2	-
R.A.S.	1.25	1.29	1.49	9.6
CO <sub>3</sub> H (mmol L <sup>-1</sup> )	3.36	3.25	3.32	1.7
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mmol L <sup>-1</sup> )	< LD	< LD	< LD	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mmol L <sup>-1</sup> )	0.43	0.18	0.21	49.9
Cl <sup>-</sup> (mmol L <sup>-1</sup> )	1.25	1.38	1.61	12.9
Total solidos disueltos (mg L <sup>-1</sup> )	250	300	240	12.2

estaría en este caso ligada fundamentalmente al contenido de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y su procedencia sería el efluente mismo.

Respecto del contenido de N y P<sub>BK</sub> de los 3 sectores, puede afirmarse que se encuentran bien provistos de estos elementos, si se los compara con materiales edáficos, especialmente en S1, sector con un contenido relativo de materia orgánica superior. Sin embargo, los resultados citados por Mazzarino *et al.* (1997) para barros cloacales de S. C. de Bariloche, fueron considerablemente más altos tanto en C, como N y P<sub>BK</sub>. Si bien los beneficios causados por el aporte orgánico, serían menores en la situación bajo análisis, se reduciría la potencialidad contaminante y de eutrofización, que se origina a través de pérdidas por lixiviación, escorrentía y erosión, una vez aplicado el residuo, problemática citada por los mismos autores. Parte de esta diferencia posiblemente radique en la dilución con agua de río y mar, que sufren los efluentes a lo largo de su trayecto de deposición.

La CIC es moderada a baja en los 3 sectores, especialmente si se considera el contenido de materia orgánica. Esta capacidad de intercambio es menor aún en S2 y S3, sectores con menor proporción de la fracción orgánica.

Existen desequilibrios entre las bases, puestos de manifiesto especialmente en los resultados del extracto de saturación, que señalan valores notablemente altos de Mg<sup>2+</sup> respecto de los de K<sup>+</sup> y Ca<sup>2+</sup>.

Los sedimentos analizados poseen contenidos altos de B, Zn, Cu y Mn, así como medios de Mo, evaluados por metodologías

propuestas por Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (1997) y desde el punto de vista de la nutrición de las plantas. El contenido total de los metales pesados (As, Ni, Cd, Pb y Hg) puede calificarse como bajo, según la normativa vigente (Ley Nacional de Residuos Peligrosos N° 24.051, la clasificación de USEPA (1993) y de la Unión Europea (Council Directive of the European Communities 1986).

Las aguas, a diferencia de los sedimentos, poseen baja salinidad y RAS, confirmando que la salinidad y el RAS de los sedimentos deriva fundamentalmente de su naturaleza intrínseca más que de la mezcla con el agua de mar, razón por la cual, además, los sectores S2 y S3 cercanos al vertedero, poseen valores más altos de las propiedades analizadas. No existiría restricción para el uso del agua sobrenadante con fines de riego (Ayers, Wescot 1987), sin considerar otras problemáticas sanitarias.

#### - Análisis microbiológico

Los resultados de la evaluación de coliformes totales en el agua pueden verse en la Tabla 3. Los resultados correspondientes a los sedimentos para las metodologías de "sin aditivo" y "con aditivo" respectivamente, se presentan en el Figura 1. El número de coliformes totales en el agua sobrenadante de los 3 sectores, pero especialmente en S2 y S3, más cercanos al vertedero, indica una elevada carga microbiana, confirmándose además la presencia de coliformes fecales, *E. coli* y *Enterobacter sp.* Según normativas internacionales vigentes (Aguas Argentinas *et al.* 1997) dichas aguas no podrían ser utilizadas

Tabla 3. Recuento de número de coliformes totales del agua de 3 sectores de Bahía Encerrada (S1, S2, S3).  
Table 3. Number of total coliforms in water samples of 3 of Bahía Encerrada sites (S1, S2, S3).

Muestra	Tubos positivos /dilución				Bact./100 ml	Promedio Bact./100ml
	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>		
S1	5/5	5/5	2/5	1/5	70.000	45.000
	5/5	3/5	4/5	0/5	20.000	
S2	5/5	5/5	3/5	0/5	80.000	110.000
	5/5	5/5	3/5	2/5	140.000	
S3	5/5	5/5	5/5	1/5	350.000	350.000
	5/5	5/5	5/5	1/5	350.000	

con fines de riego y/o recreación.

Los resultados de los sedimentos muestran claramente una elevada actividad microbiológica en S1 y menor en los otros 2 sectores si no se les agrega glucosa. Sin embargo con el agregado de esta sustancia se recupera la actividad microbiológica de estos últimos, aspecto que señalaría su potencial actividad en caso de estar en presencia de sustratos adecuados. Es probable que el contenido salino del sedimento cerca del vertedero (S2 y S3) también esté condicionando la actividad microbiológica, por lo que en S1 esta es mayor aún sin el agregado de glucosa.

Un efecto marcado del agregado de estos residuos sobre la actividad y biomasa microbianas del suelo fue informado por Kennedy *et al.* (1999), quienes encontraron notables incrementos tanto en poblaciones bacterianas, como fúngicas y de actinomicetes. El alto contenido de materia orgánica biodegradable en barros no compostados, así como su aporte de nutrientes, serían los responsables del aumento de la biomasa activa

del suelo (Ayuso *et al.* 1996).

#### - Análisis de ensayo biológico.

Los resultados de biomasa aérea acumulada se muestran en la Tabla 4.

Comprobados los supuestos básicos de un modelo paramétrico, el análisis preliminar de variancia demostró ausencia de interacción doble entre especie vegetal y los otros factores. A causa de ello se recalculó la suma de cuadrados del error experimental incluyéndolas. En el nuevo análisis de la variancia se demostraron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.01$ ) para la interacción tipo de sedimento (S)/proporción en el sustrato (%) (Tabla 5).

A partir de los resultados obtenidos, que demostraron la imposibilidad del análisis de los efectos principales y de las interacciones con especie vegetal, se realizó un análisis de comparación múltiple de los efectos simples, los cuales se muestran en la Tabla 4 a través de simbología alfabética ( $P < 0.05$ ). Éste indicó que, en términos generales y

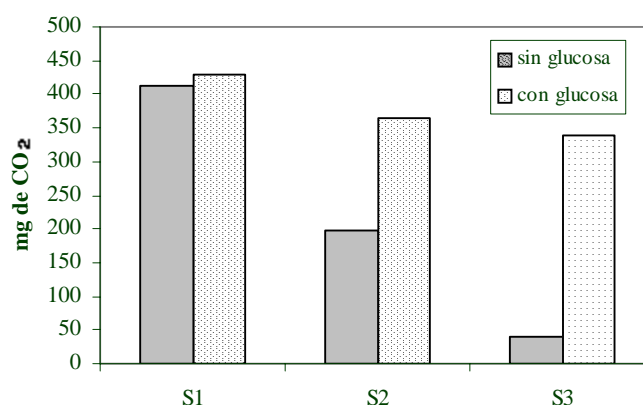


Figura 1. Actividad metabólica de los microorganismos del suelo con y sin agregado de glucosa.  
Figure 1. Metabolic activity of soil microorganisms with and without addition of glucose.

Tabla 4. Biomasa aérea de 3 especies vegetales cultivadas, sectores de procedencia del sedimento y porcentajes en la composición del sustrato.

Table 4. Plant shoot biomass from 3 plant species cultivated, places of origin of the sediment and percentages in the substratum composition.

Sector	Dosis		Especie vegetal cultivada			Promedios
	%	(1)	<i>Lolium multiflorum</i>	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Tynopiron ponticum</i>	
			(g)			(g)
S1	0	b	0.687	0.439	0.757	0.628
	25	a	1.145	0.614	0.665	0.808
	50	d	0.159	0.129	0.430	0.239
	75	de	0.107	0.064	0.171	0.114
S2	0	b	0.687	0.439	0.757	0.628
	25	b	0.817	0.433	0.589	0.613
	50	de	0.336	0.216	0.053	0.201
	75	f	0.000	0.000	0.000	0.000
S3	0	b	0.687	0.439	0.757	0.628
	25	c	0.556	0.231	0.317	0.368
	50	ef	0.102	0.000	0.139	0.080
	75	f	0.000	0.000	0.000	0.000

(1) Diferencias estadísticamente significativas entre los efectos simples: tipo de sedimento (S)/ proporción en el sustrato (%). Test de Tukey. Letras diferentes indican dif. est.  $P < 0.05$

Tabla 5. ANVA de los resultados de biomasa aerea acumulada. Interacciones dobles con especie vegetal no discriminadas

Table 5. ANOVA of the plant shoot biomass accumulated results. Double interactions with plant specie were not discriminated.

	SC	GL	CM	FC	Prob.
Especie (SP)	0.473	2	0.236	23.058	$1.156^{-07}$
Sector (S)	0.399	2	0.199	19.457	$7.519^{-07}$
Proporción (%)	4.871	3	1.623	158.251	$3.034^{-24}$
S %	0.300	6	0.050	4.877	0.0006
SP S %	0.267	12	0.022	2.169	0.0299
Error	0.472	46	0.010	-	-

resumidamente, proporciones de 25 % de sedimento al vertedero (S3), así como proporciones iguales o superiores al 50 % de sedimento en el sustrato, independientemente de su origen, afectan negativamente y en forma acentuada a las plantas ensayadas. Esto ocurriría incluso con *Tynopiron ponticum*, que si bien es considerada moderadamente tolerante a la salinidad en forma general, sería afectada por el agregado de sedimentos de todas las procedencias y proporciones, pero especialmente en proporción superior al 50% de S2 y S3, ambos con mayor contenido de  $SO_4^{2-}$  (Tabla 4). Esto indicaría la susceptibilidad de esta especie a sales conteniendo dicho anión.

Se observó en el tratamiento con 25 % de S1, un incremento de la biomasa promedio respecto de los testigos sin dicho sedimento (Tabla 4). A pesar de no poderse comprobar estadísticamente por la imposibilidad de evaluación de los efectos principales de especie vegetal y sus interacciones, ya comentada, esta tendencia se manifestaría en *Lolium multiflorum* (S1 y S2) y *Festuca arundinacea* (S1), especies de relativa sensibilidad a la salinidad (Tabla 4). Este resultado permite sugerir la factibilidad de su empleo con un máximo de 25% como sustrato de vegetales de variada resistencia a esta propiedad, incluso, con ventaja productiva en algún caso sobre la utilización de suelo natural de las ca-

racterísticas del empleado.

## CONCLUSIONES

- El número de coliformes totales del agua sobrenadante indica una elevada carga microbiana, confirmándose además la presencia de coliformes fecales. Según normativas internacionales vigentes dichos aguas no podrían ser utilizados con fines de riego y/o recreación sin tratamiento previo.

- Los sedimentos analizados muestran contenidos elevados de materia orgánica, N, P<sub>BK</sub>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> y micronutrientes (B, Zn, Cu, Mn y Mo). Los contenidos de metales pesados (Co, As, Ni, Cd, Pb y Hg), son bajos no presentando riesgos de toxicidad.

- El contenido salino, el alto tenor de Na<sup>+</sup>, el desequilibrio de bases y el contenido de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, constituirían severas limitaciones para su uso con fines de sustento vegetal generalizado.

- Una proporción en el sustrato de 25 % del sedimento del sector más alejado del vertedero (S1), produjo un incremento de la biomasa promedio respecto de los testigos sin sedimento. Este resultado permite sugerir la factibilidad de su empleo en estas proporciones aún en especies sensibles a condiciones de salinidad moderada.

- Proporciones de 25 % de sedimento cercano al vertedero (S3), así como proporciones iguales o superiores al 50 % de sedimentos en los sustratos, independientemente de su origen, afectan negativamente el crecimiento de plantas de diferente tolerancia a la salinidad.

## AGRADECIMIENTOS

A la Lic. V. Martínez Alcántara y la Lic. G. Saldaña del Laboratorio de Servicios del Curso de Microbiología de la FCAYF de la UNLP, por los análisis microbiológicos realizados.

## REFERENCIAS

Aguas Argentinas (AA), Administración General de Obras Sanitarias (AGOSBA), Instituto Dr. R. Ringuelet (ILPLA), Servicio de Hidrografía Naval (SHN). 1997. Calidad de aguas de la franja costera sur del Río de la Plata, Anexo 1 (Niveles Guía de Calidad de Agua). Buenos Aires. pp. 157.

Alvarez R, Russo M, Alconada M, Lavado R. 1998.

Abonado con biosólidos del suelo: Efecto sobre la actividad microbiana de un Argiudol decapitado. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Carlos Paz. pp. 59-60.

American Public Health Association. 1967. Standard Methods for the Examination of water and wastewater. APHA, AWWA, WPCF, 12 th, Washington DC. pp. 608.

Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo – Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca – 1988 - PROMAR (Programa de métodos analíticos de referencia): pH, Carbono, Materia orgánica, Nitrógeno total, Fósforo extractable. Argentina. pp. 27.

Ayers R S, Westcot D W . 1987. La calidad del agua en la agricultura. Boletín 29 (1). FAO. pp.174.

Ayuso M, Pascual J A, García C, Hernández T. 1996. Evaluation of urban wastes for agricultural use. Soil Sci. Plant Nutr. 4: 105 – 111.

Bertoncini E I, Matliazzo M E, Rodella A A. 1999. Fraccionamiento de substâncias húmicas em Latossolos sucessivamente tratados com barro de esgoto. 14° Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Chile. pp. 163.

Bigham J M (Ed) . 1996. Methods of Soil Analysis. Part 3: Chemical Methods. Soil Science Society of American Book Series. Wisconsin USA. (27) 723-738; (28) 739-768; (30) 793-832.

Canellas L, Santos G De A, Guridi F. 1999. Avaliação de alterações qualitativas da matéria orgânica de um Latossolo vermelho amarelo com adição de resíduos orgânicos de origem urbana. 14° Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelos. Chile. pp. 18.

Council Directive of the European Communities. 1986. On the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is use in agriculture. Nr. 86/278/EEC. En Mazzarino M.J. 1998. Ventajas y limitaciones del uso agrícola de residuos orgánicos con énfasis en biosólidos. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Carlos Paz. pp. 403-411.

Dommergues Y. 1968. Degagement tellurique du CO<sub>2</sub>, Mesure et signification. Ann.Inst. Past. 115: 627-656.

Harris A, Urie D, Cooley J. 1984. Sludge feertilization of pine and aspen forest on sand soils in Michigan. Forest soils and treatment impacts. E. Stone (Ed.) Proceedings of the 6° North American Forest Soils Conference. Tennessee. pp.193-206.

Hirschheydt A, Hertlendy C. 1983. A vegetation test with oxidized waste sludge refuse compost containing heavy metals. Wasser-Boden. Paul Parey (Ed.) Hamburgo. pp. 484-486.

- Instituto Tecnológico Geominero de España. 1995. Contaminación y depuración de suelos. Madrid. pp. 330.
- Kennedy M, de Moura Rios E, Alves Dionísio J. 1999. Influência do barro de esgoto sobre a população, atividade e biomassa microbiana do solo. 14° Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelos. Chile. pp. 174 .
- Mazzarino M J, Laos F, Satti L, Roselli L, Costa G, Moyano S, Semenas L, Brugni N, Viozzi G, Ruival M, Mendoza M, Burgoa C. 1997. Los barros cloacales de Bariloche: de residuos peligrosos a recurso agronómico. Ingeniería Sanitaria Ambiental N° 30: 34 -39.
- Nijensohn L, Gaviola de Heras S. 1989 . Efectos del barro cloacal digerido sobre la evolución en el suelo del N de urea y de sulfato de amonio. Ciencia del Suelo 7 : 3-9.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. 1990. SAMLA (Sistema de apoyo metodológico a los laboratorios de análisis). Capacidad de intercambio catiónica y cationes intercambiables. pp. 9. Argentina.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. 1995. SAMLA (Sistema de apoyo metodológico a los laboratorios de análisis). Determinación del contenido de sales solubles. pp. 13. Argentina.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. 1996. SAMLA (Sistema de apoyo metodológico a los laboratorios de análisis). Física de suelos. pp. 10. Argentina.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. 1997. SAMLA (Sistema de apoyo metodológico a los laboratorios de análisis). Micronutrientes. pp. 10. Argentina.
- Steel R G D, Torrie J H. 1993. Bioestadística. Principios y procedimientos. McGraw.-Hill (Ed.) 2° Ed., pp. 622. Mexico.
- USEPA. 1993. Standards for the use or disposal of sewage sludge. Federal Register 58: 9248 – 9415. U.S. Gov. Print Office, Washington, D.C.