

## ADIÇÃO DE LODOS EM SOLOS AFETADOS PELAS SAIS COMO CORRETIVO ORGÂNICO NA REGIÃO DE TARAPACÁ: ESTUDOS NA COLUNA E METAIS BIODISPONÍVEIS

Margarita Briceño Toledo<sup>1</sup>, Agustin Quiñones<sup>2</sup>, Jose Benitez<sup>3</sup>

**RESUMO:** Se avalio o conteúdo de metais pesados nas amostras de solos tratados com lama pós-lixiviação. Usou-se três tipos de solos não fertilizados procedentes da região de Tarapacá, Canchones (Cs), Alto Hospicio (AH) e La Tirana (LT). A fonte da Matéria Orgânica (MO) foi a lama (15 ton/Ha) proveniente da rede de esgotamento sanitário de origem domésticas de Pozo Almonte. Os solos com distintos tratamentos de emendas foram empacotados e lixiviados em colunas usando duas qualidades da água (destilada e potável). Medições de pH, condutividade elétrica (CE), porcentagem de carbono orgânico (% CO) e metais pesados biodisponíveis: níquel (Ni), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn) e ferro (Fe) foram determinadas. À aplicação da lama teve um efeito nas características químicas do solo aumentando: o pH (Cs), a CE (Cs e AH). Em relação, aos metais nos solos tratados com lama observou-se um aumento no Ni, Zn, Cu, Mn apenas no AH e LT e no Fe em Cs e AH. Além disso, excessos nas concentrações de Cu e Zn foram observadas, podendo ser tóxicas para a maioria dos cultivos, não assim com o Ni e o Fe, os quais aumentaram seu conteúdo, porém sem ultrapassar os parâmetros para provocar toxicidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** metais pesados, lixiviação, salinidade

## SEWAGE SLUDGE ADDITION TO SOILS AFFECTED BY SALTS AS AN ORGANIC AMENDMENT IN THE TARAPACA REGION: COLUMN STUDIES AND BIOAVAILABLE METALS

<sup>1</sup> DOCTORA, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Arturo Prat, Av. Arturo Prat 2120 casilla 121, Iquique, (56)-9-78574836, mbriceno@unap.cl

<sup>2</sup> Ingeniero Agrónomo, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Universidad Arturo Prat.

<sup>3</sup> Ingeniero Agronomo, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Universidad Arturo Prat.

**ABSTRACT:** The heavy metal content was evaluated in soil samples treated with sludge after leaching. three soils not subjected to fertilization from Tarapaca, Canchones (Cs), Alto Hospicio (AH) y la Tirana (LT) were used. The organic Matter Source (MS) was sludge (15ton/Ha) from the Pozo Almonte domestic sewage. The soils with different treatments of amendments were packed and leached in columns using two qualities of water (distilled and drinking water). PH, electrical conductivity (EC), percentage of organic carbon (% CO) and bioavailable heavy metals were determined: nickel (Ni), zinc (Zn), copper (Cu), manganese (Mn) and iron (Fe). The sludge application affected the chemical characteristics of the soil increasing: the pH (Cs), the EC (Cs and AH). In relation to the metals of the treated soils with sludge, there is an increase in Ni, Zn, Cu, Mn only in AH and LT and Fe in Cs and AH. Besides. In addition, excesses in Cu and Zn concentrations are shown and it can be toxic for most crops, not so with Ni and Fe which increases its content, but does not exceed the parameters to cause toxicity.

**KEYWORDS:** heavy metal, leaching, salinity

## INTRODUÇÃO

A região de Tarapaca, no norte do Chile possui uma superfície de 42.225,8 Km<sup>2</sup> e representa a um ecossistema de deserto extremo. Os solos estão classificados como Aridisoles e nos pampas os solos tem uma alta concentração salina e sodificação. (Luzio 2010). Em esses solos os sais predominantes são os sulfatos e os cloretos de sódio, cálcio e magnésio. Estes sais, caracterizadas pela alta solubilidade, seguem os movimentos ascendentes, descendentes e laterais dá água (Sierra, C. et al., 2001, soil toxonomy, 2010). Os baixos conteúdos de matéria orgânica (MO) < 1%, fazem deles pouco aptos para a agricultura. Os critérios de aplicação dos resíduos orgânicos mais utilizados no solo estão baseados principalmente no cálculo das necessidades de nitrogênio, seguidas pelas do fósforo, embora não se limita à possibilidade de que os resíduos sejam aportados para cumprir um objetivo formulado nos términos de melhora do nível de matéria orgânica (Ojeda, F. 2005).

Uma das alternativas para a disposição final das lamas é a sua utilização como aprimorada de solos agrícolas, pois eles são uma fonte importante de nutrientes para os cultivos e MO (Acevedo *et al.*, 2005; Briceño, M. 2002). A aplicação de lamas no solo parece ser um bom método para reutilizar esses desperdícios, já que um 80% do material é reutilizável, além disso, permite gerar melhoras na produtividade e recuperação dos solos

degradados (Marambio & Ortega, 2003). Contudo, sua utilização na agricultura tem sido questionada pelo aporte de metais pesados (Nriagu & Pacyna, 1988; Cuevas *et al.*, 2006).

Dos indicadores da qualidade dos solos, os metais pesados disponíveis têm uma importância nos níveis de toxicidade para o crescimento da planta e a qualidade do cultivo (Chen 2000, citado por Acevedo *et al.*; 2005).

Os metais pesados são de importância no médio ambiente pela sua transcendência na contaminação dos solos e, pelo tanto, dos cultivos agrícolas e podem ser de natureza geogênica (origem natural) ou antropogênica. Dentro dos metais pesados, os denominados oligoelementos, podem servir como micronutrientes nos cultivos, já que são requeridos em pequenas quantidades e são necessários para que os organismos completem seu ciclo vital. Passado um determinado umbral podem-se tornar tóxicos. (García y Dorronsoro, 2005).

Entre os metais pesados existentes, alguns são micronutrientes essenciais para as plantas como o cobre e o zinco, enquanto outros como o níquel, o manganês e o ferro podem, a partir de uma determinada concentração, resultar tóxicos para algum componente da cadeia trófica solo - planta - animal - homem. A acumulação de metais pesados nas plantas pode ocorrer nos caule, folhas e frutos, causando diversos problemas.

No norte do Chile em especial na Região de Tarapaca, existem escassos antecedentes sobre a utilização de lodos domésticos gerados e sua aplicação em solos salinos desérticos, e ainda menos conhecido é o efeito que teria à aplicação de estes na função dos conteúdos de metais pesados (níquel, zinco, cobre, manganês e ferro) e nutrientes. Por isso o objetivo deste trabalho foi determinar os efeitos da aplicação de lodos provenientes das redes de esgotamento sanitário de origem domésticas sobre o conteúdo de metais pesados pós-lixiviação dos solos com as aplicações de lodo e da qualidade da água (destilada y potável).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Três solos Aridisoles, não fertilizados foram selecionados, provenientes de três localidades diferentes da Região de Tarapaca (Tabela 1). As amostras de solos foram obtidas dos horizontes A (0-15cm). A amostra de Lama (fonte de Matéria Orgânica) se obteve da rede de esgotamento sanitário de Pozo Almonte (15 ton/ha), da Província do Tamarugal. Todas as amostras foram peneiradas num tamanho de partícula < 2mm, posteriormente os solos foram empacotados em colunas de lixiviação, segundo Briceño (2002), com três repetições e com um plano experimental de blocos ao acaso. A lixiviação manteve-se até que o lixiviado

atingiu entre 1 a 4 dS m<sup>-1</sup>. Estas colunas foram regadas com água destilada e água potável da zona. No final da lixiviação, as amostras foram retiradas das colunas e foram secadas ao ar livre, tamisadas a 2mm e guardadas para seu análises posterior.

**Tabela 1.** Localização geográfica dos solos.

<b>Solo</b>	<b>Coordenadas UTM (WGS 84)</b>	
<b>Alto Hospicio (AH)</b>	375.888 E	7.834.196 N
<b>La Tirana (LT)</b>	326.028 E	7.748.907 N
<b>Canchones (Cs)</b>	442.669 E	7.727.557 N

As determinações físico-químicas realizadas nos solos virgens, lama e solos tratados com lodos, provenientes das colunas pós-lixiviação foram: pH, condutividade elétrica (CE), Densidade Aparente (Da), Carbono Orgânico facilmente oxidável (%CO), Nitratos e metais biodisponíveis (dissolução extractante DTPA-TEA), foram realizados seguindo as metodologias de análises de solos indicadas por Zagal & Sadzawka (2007). Uma vez obtidas as análises, e com o objetivo de estudar os efeitos da qualidade da água e tratamento com lodo; a análises dos dados foi realizado a través de uma análise de variância (ANDEVA), com um nível de significância de 5%. Além disso, foi realizado uma análise de correlação para medir a intensidade da associação entre os fatores estudados considerando uma correlação maior a 0,85, adicionalmente foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na caracterização dos solos se observa que a CE evidência que os solos estudados são altamente salinos, superando os 154 dS m<sup>-1</sup> medidos em laboratório em pastas saturadas (Tabela 2). Estes solos possuem baixos conteúdos de CO, pH conducentes a neutros e levemente ácidos, enquanto que o conteúdo de B resultou ser um elemento contaminante, segundo a norma.

Por outra parte, o lodo (fonte de matéria orgânica), apresentou valores de pH = 6,8, conteúdo de CO de 17,8% e uma baixa CE equivalente a 2,45 dS m<sup>-1</sup>. Estes valores foram utilizados no cálculo de % CO necessários para recuperar o conteúdo de matéria orgânica nestes solos com baixos níveis desta para que atinjam o 2% anual, sem ultrapassar o volume máximo de aplicação de lodos no Chile para solos sem potencial agrícola (30 ton ha<sup>-1</sup>), de acordo com o indicado pela CONAMA no ano 2000.

**Tabela 2.** Características físico-químicas de três solos da área experimental (Prof 0-15 cm)

solo	Da	pH	Características químicas <sup>1</sup>						
			CE dSm <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg Kg <sup>-1</sup>	CO %	K -----	Na meqL <sup>-1</sup> -----	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	B mgL <sup>-1</sup>
<b>AH</b>	1,55	6,3	154	2,10	0,13	79	1629	1,0	18
<b>LT</b>	1,26	7,1	186	1,91	1,39	218	1814	2,0	497
<b>Cs</b>	1,14	7,0	186	1,57	0,84	359	5526	2,3	733

<sup>1</sup>Profundidade (Prof); Densidade aparente<sup>-1</sup>; Matéria Orgânica (CO).

Nas regiões áridas e semi-áridas existem alguns exemplos como Gaviola (1985) que examinou os níveis de disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco extraídos com DTPA em dois áreas de gramados de Mendoza, observando deficiências em Fe em áreas com pH alcalino e uma forte relação entre a matéria orgânica e o Zn (Roca, N. et. Al, 2007).

Para efetuar recomendações de fertilização deve-se contar com um valor crítico que indique quando o elemento começa ser limitante para o desenvolvimento vegetal. No caso do Zn-DTPA, o valor crítico varia entre os autores sendo um valor médio de 0,5 ppm, enquanto que, com valores de Fe-DTPA inferiores a 4,5 ppm é possível encontrar deficiências (Brown et al., 1971). No caso de Cu-DTPA está estabelecido um limite de 0,4 ppm e para Mn-DTPA o valor crítico definido é de 1,0 ppm. Os requerimentos de Ni-DTPA são iguais aos do molibdênio (Mo) e cobalto (Co), que devem ser mantidos numa concentração de 0.05 ppm de matéria seca, enquanto que os níveis tóxicos nas plantas estão comumente no intervalo de 25 a 50 ppm (Cakmak, I. 2014).

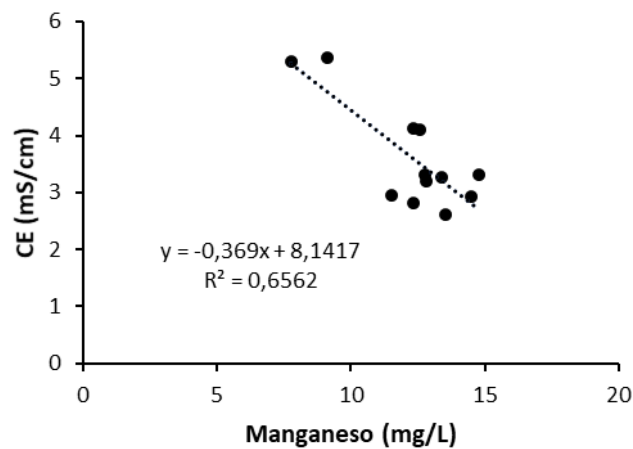
As análises dos solos permitiu determinar a concentração de metais biodisponíveis essenciais para o crescimento vegetal., extraídos com DTPA-TEA (cobre, ferro, manganês, zinco e níquel). Para as amostras em estúdio encontrou-se níveis adequados de Ni-DTPA. No caso dos valores obtidos para as relações Zn-DTPA e Cu-DTPA, os solos de Alto Hospicio e Canchones seriam deficitários segundo Gomez & Sotés (2014).

**Tabela 3.** Conteúdo de metais biodisponíveis em três solos da área experimental.

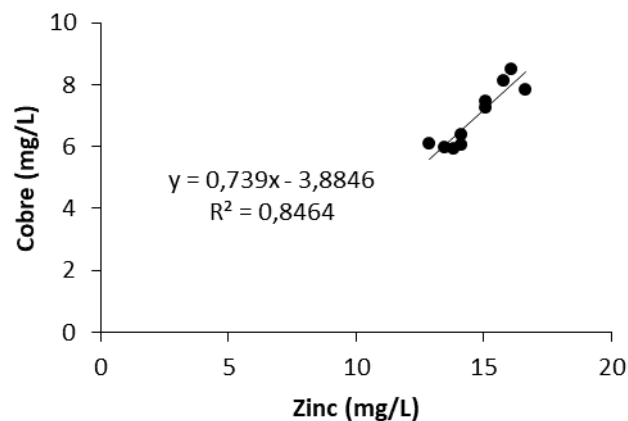
Solo	Ni-DTPA (mgKg <sup>-1</sup> )	Zn-DTPA (mgKg <sup>-1</sup> )	Cu-DTPA (mgKg <sup>-1</sup> )	Mn-DTPA (mgKg <sup>-1</sup> )	Fe-DTPA (mgKg <sup>-1</sup> )
<b>AH</b>	0,10	0,33	0,16	1,09	2,02
<b>LT</b>	1,26	1,33	0,59	26,45	1,27
<b>Cs</b>	0,12	0,66	0,48	10,21	1,56

Para as amostras dos solos tratados com lodos como corretivo orgânica e pós-lixiviação em colunas, o comportamento foi diferente segundo o tipo de solo, em todos os casos aumentou o conteúdo de metais biodisponíveis, em particular aumenta o Ni, Zn, Cu, Mn em solos de Alto Hospicio e La Tirana, e um aumento do conteúdo de Fe em solos de Canchones

e Alto Hospicio. A correlação de Pearson permitiu observar a força da interação entre CE-Mn no solo da La Tirana (Figura 1) e Cobre-Zinc no solo de Alto Hospicio (Figura 2), independentemente da água utilizada, observandou-se para ambas figuras uma forte interação entre as variáveis estudadas. Outras possibilidades de interação foram encontradas para o solo da La Tirana, com índices de Pearson positivos entre Ni-Zn; Ni-Cu; Zn-Cu; Zn-MO; Mn-Fe e índices de Pearson negativos entre CE-Mn (figura 1); Mn-MO; Fe-MO enquanto que valores negativos de Pearson foram encontrados no solo de Canchones em relação a Fe-MO e Mn-MO, entre outras.



**Figura 1.** Relação entre a CE (mS/cm) e Mn (mg/L) no solo La tirana, lixiviado com água potável e destilada (Pearson: -0.81)



**Figura 2.** Relação entre Cu e Zn em mg/L no solo Alto Hospicio lixiviado com água potável e destilada (Pearson: 0,92)

As baixas concentrações de sódio, MO e metais encontradas, podem ser explicadas pelo tratamento de lavagem que foram submetidas as amostras, diminuindo assim o conteúdo de estes componentes, os que não foram suficientemente absorvidos pelos solos, e que poderiam estar migrando para terras subterrâneas.

## CONCLUSÕES

A aplicação de lodos, a forma e a concentração, deve ser orientada por critérios sanitários, agronômicos e pelo conteúdo total de metais pesados, tanto nos lodos como no solo receptor. Com base nos resultados obtidos recomendamos uma aplicação máxima anual inferior a 30 ton/ha no ano de lodos em solos Aridisol, valores de acordo com os máximos permitidos pela Comissão Nacional do Médio Ambiente (CONAMA), Agência de Proteção Ambiental (EPA), e a Comissão para a Comunidade Européia para a aplicação de lodos em solos. A lavagem de solos permitiu lixiviar as sais e a matéria orgânica proveniente do lodo adicionado, ao mesmo tempo, causou a lixiviação de metais, isto permitiu evidenciar que a interação entre os metais e a matéria orgânica pode tanto reter como aumentar a lixiviação de metais, o que deve ser monitorado em cada processo cuidando os níveis para não provocar efeitos ambientais adversos.

## AGRADECIMENTOS

Margarita Briceño Toledo agradece a Fondecyt 11060265. Agustín Quiñones e José Benítez agradecem a Universidad Arturo Prat.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Acevedo et al., (2005).** Criterios de calidad de suelo agrícola. Universidad de Chile-SAG. Chile.

**Briceño M. (2002).** Tesis de Postgrado: “Efectos de la Adición de Lodos sobre la Selectividad Catiónica (K,Ca) y Distribución de P en Suelos Volcánicos Chilenos”. Universidad de Santiago de Chile.

**Brown, AL; J Quick & JL Edding. (1971).** A comparison of analytical methods for soil zinc. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35: 105-107.

**Cakmak, I. (2014).** El Níquel en el Crecimiento Vegetal. Congreso Internacional de Nutrición y Fisiología Vegetal INTAGRI. Guadalajara, Jalisco, México.

**Cuevas, J. et al., (2006).** Efectos de las enmiendas orgánicas sobre las propiedades físicas del suelo con especial referencias a la adición de lodos urbanos. R.c. Suelo nutr. Veg., 2006, vol.6, no.2, p.1-12. Issn 0718-2791.

**García I. y Dorronsoro C. (2005).** Contaminación por metales pesados. En Tecnología de Suelos. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola. <http://edafologia.ugr.es>.

**Gómez-Miguel, V. y Sotés, V. (2014).** El Manganeso y la Viticultura: una revisión. Universidad Politecnica. Madrid. 84 pp. NIPO: 280-14-136-5

**Luzio, W. (2010).** Suelos de Zona desértica (desde 18° LS hasta 29°LS), Suelos de Chile, Departamento de Ingeniería y Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

**Marambio C. y Ortega R. (2003).** Uso potencial de lodos derivados del tratamiento de aguas servidas en la producción de cultivos en Chile. Revista Agronomía y Forestal UC. 20: 20-23.

**Nriagu, J.O. and Pacyna, J.M. (1988).** Quantitative Assessment of Worldwide Contamination of Air, Water and Soils by Trace Metals. Nature, 333, 134-139.

**Ojeda, F.G. (2005).** Aplicación en superficie de lodos de depuradora y sus repercusiones sobre la erosión y las propiedades físicas del suelo. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, España.

**Roca, N. et al., (2007).** Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del NO argentino. Revista C. Scielo. 25 (1) 31-42.

**Sierra, C. Céspedes, R. Osorio, A. (2001).** Caracterización de la salinidad de los suelos y aguas del valle del río Copiapo. Boletín INIA N°70. Chile ISSN 07177-4829.

**Soil Taxonomy USDA (2010).** Claves para la Taxonomía de los Suelos, Onceava Edición, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales.

**Zagal, E. and A. Sadzawka (2007).** Protocolo de métodos de Análisis para suelos y lodos. Elaborado con la participación de la comisión de normalización y acreditación de la sociedad chilena de la ciencia del suelo por encargo del Servicio Agrícola y Ganadero. Chile 103 pp.



