

CAPÍTULO 13

Utilización de especies vegetales para la recuperación de rellenos sanitarios

Lucrecia Brutti¹, Ernesto Giardina², Marcelo Beltrán¹

¹Instituto de Suelos CIRN-INTA de los Reseros y Nicolas Repetto s/n 1686 Hurlingham Buenos Aires, ²Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, Buenos Aires 1417, Argentina.

Introducción

Limitaciones nutricionales para el establecimiento de las plantas en un relleno sanitario

Los suelos afectados por basurales a cielo abierto o por un relleno sanitario mal controlado acumulan nutrientes en cantidades tóxicas para las plantas.

Las plantas dependen de los nutrientes del suelo para su crecimiento y desarrollo. Está demostrado que los elementos esenciales para el desarrollo de todas las plantas son diecisiete, todos ellos desempeñan funciones muy importantes en la vida de la planta y cuando están presentes en cantidades muy limitadas pueden producir graves alteraciones y reducir notablemente el crecimiento; algunos de estos nutrientes son usados por las plantas en mayor cantidad, es por eso que se pueden clasificar como macronutrientes y micronutrientes.

De los diecisiete elementos esenciales para todas las plantas, nueve son requeridos en grandes cantidades: Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S); estos se conocen como macronutrientes o elementos primarios. Por esta razón, el crecimiento de la planta puede reducirse notablemente cuando hay escasez de uno o varios de ellos en el suelo. El resto de los nutrientes son denominados micronutrientes debido a que son necesarios en menores cantidades: Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl), Niquel (Ni).

Existe un rango óptimo de estos nutrientes para que los vegetales puedan desarrollarse y realizar su ciclo de vida normalmente. Si los valores se encuentran por debajo de este rango, las plantas sufren deficiencia y, como se comentó

anteriormente, se pueden ver muy afectadas; pero si los valores se encuentran por encima de este rango, pueden llegar a ser tóxicos; esto dependerá del nutriente y del cultivo.

La toxicidad depende de las condiciones del suelo, el material original, el manejo de los cultivos (fertilización, riego, etc.) y de la cercanía a zonas industriales, mineras, basurales a cielo abierto y rellenos sanitarios mal manejados. Una de las principales diferencias entre los animales y las plantas es que el primer grupo absorbe los nutrientes en forma orgánica y el segundo grupo los absorbe principalmente en forma inorgánica. La inclusión de residuos como baterías, electrodomésticos, electrónicos, tarros con restos de pinturas en la disposición final de los residuos lleva a que estos sean acarreados por las aguas lluvias o por los líquidos percolados y elementos tales como el cobre, el hierro, el cadmio, el plomo afecten la salud de las plantas, de los animales y del hombre.

Elementos tóxicos para el establecimiento de las plantas en un relleno sanitario

En suelos utilizados como rellenos sanitarios se pueden encontrar elementos tóxicos para los cultivos y elementos que son nutrientes esenciales, pero al estar en altas concentraciones son también perjudiciales para la implantación y el desarrollo de las plantas (Taiz y Zeiger, 1998).

Dentro de los elementos tóxicos se pueden citar:

Sodio (Na): además de ser un elemento perjudicial para la estructura del suelo, debido al efecto dispersante de sus partículas, es tóxico para los cultivos ya que produce disminución del crecimiento de la raíz y necrosis en las hojas. Residuos orgánicos de origen principalmente animal pueden incrementar su concentración en suelos utilizados como rellenos sanitarios. (Mengel y Kirkby, 2000).

Aluminio (Al): es uno de los elementos que se encuentra en mayor concentración en el suelo, pero su disponibilidad para las plantas está por lo general en bajas concentraciones, en rellenos sanitarios su concentración puede ser mayor debido a que los residuos de zonas urbanas pueden tener alta concentración de Al ya que es utilizado para la construcción, empaquetamiento, transporte, materiales eléctricos, alimentos no perecederos, etc. (Harte *et al.*, 1991). En cultivos susceptibles, debido al Al, se reduce el crecimiento de las raíces y de los tallos, y las hojas pueden tomar un color púrpura (similar a la deficiencia de fósforo, ya que afecta el metabolismo del fosfato) (Matsumoto, 1980).

Plomo (Pb): es uno de los metales pesados cuya fuente principal de contaminación es la combustión de gasolina o la actividad industrial; en rellenos sanitarios se puede

encontrar principalmente en baterías, recipientes de aditivos para combustibles y pinturas con base de plomo. Si bien no se han encontrado situaciones de toxicidad a campo, a nivel experimental se ha detectado que el plomo puede afectar seriamente el crecimiento de los cultivos (Malone *at al.*, 1974).

Cadmio (Cd): también afecta a los cultivos y se puede encontrar en altas concentraciones en suelos cercanos a minas, zonas industriales o por aplicación de barros cloacales provenientes de industrias. En rellenos sanitarios, se puede encontrar debido a la presencia de baterías, desechos metálicos galvanizados y plásticos. El mayor problema no es el efecto tóxico en las plantas, sino su acumulación en ellas que luego pueden ser consumidas por los humanos causando efectos tóxicos en su salud. En Japón, por ejemplo, existe un caso emblemático donde el consumo de arroz con altas concentraciones de cadmio disminuía las funciones del riñón y afectaba el metabolismo del calcio y del fósforo produciendo enfermedades en los huesos. Para el caso de otros metales pesados como el mercurio y el titanio, ocurre algo similar al cadmio en el sentido que las plantas lo pueden tolerar en altas concentraciones, que son inaceptables para la dieta animal y humana (Marschner, 1978).

Dentro del grupo de elementos esenciales, estos serán tóxicos si se encuentran en altas concentraciones. Las condiciones del suelo, el material original, el manejo de los cultivos (fertilización, riego, etc.) y la cercanía a zonas industriales, mineras, basurales a cielo abierto y rellenos sanitarios mal manejados son condiciones que pueden incrementar su concentración y transformarlos de nutrientes en elementos tóxicos. Una de las principales diferencias entre los animales y las plantas es que el primer grupo absorbe los nutrientes en forma orgánica y el segundo grupo los absorbe principalmente en forma inorgánica.

La inclusión de residuos como baterías, electrodomésticos, electrónicos, tarros con restos de pinturas en la disposición final de los residuos lleva a que estos sean acarreados por las aguas lluvias o por los líquidos percolados y elementos tales como el cobre (Cu), hierro (Fe), cloro (Cl), manganeso (Mn), Niquel (Ni) y zinc (Zn), nutrientes esenciales terminen siendo tóxicos para los cultivos.

Los síntomas de toxicidad del Fe se manifiestan como necrosis en las hojas (manchas de color castaño), y disminución de la biomasa radicular. Esto disminuye el crecimiento de la planta y el rendimiento del cultivo (Ottow, 1983). El Mn en altas concentraciones también puede afectar el rendimiento de los cultivos, como el caso del maíz y del girasol. Los síntomas son similares a los producidos por la toxicidad del hierro y puede inducir la deficiencia de otros nutrientes como el magnesio y el calcio. Para tratar esta toxicidad se deben incorporar nutrientes antagonistas al hierro y al manganeso como puede ser el calcio. Este se aplica en forma de yeso agrícola o

carbonato de calcio principalmente. De esta manera se incrementa el pH, entonces disminuye la disponibilidad de esos micronutrientes, entrando en valores accesibles para las plantas (Rufty *et al.*, 1979).

Zinc (Zn): provoca una reducción en el crecimiento de las raíces y la expansión de las hojas seguidas por clorosis como por ejemplo en el caso del cultivo de soja (Rauser, 1973).

Cloro (Cl): produce puntas quemadas y caída de las hojas, bronceado y clorosis (Reisenauer *et al.*, 1973). Los cítricos, papas, lechugas y algunas leguminosas son muy susceptibles al exceso de este.

Cobre(Cu): en exceso produce efectos negativos en la membrana plasmática de las células (Daniels *et al.*, 1972).

Níquel (Ni): es un micronutriente que las plantas necesitan en muy bajas concentraciones, pero sus efectos tóxicos se producen debido a efectos en el metabolismo del nitrógeno y su acumulación en forma de amonio que produce necrosis en las hojas, uno de los cultivos más sensibles a la toxicidad del níquel es la avena (Mishra y Kar, 1974).

Por lo tanto en caso de encontrarse alguno de estos elementos en concentraciones perjudiciales para los cultivos, se deberán utilizar especies tolerantes a su exposición o mejorar la calidad del suelo a través del uso de por ejemplo compost de residuos domiciliarios sumado a cortes de césped y podas arbóreas, lodos provenientes de aguas servidas sanitizados y compostados que aporten nutrientes y ayuden a disminuir la concentración de elementos no deseados.

Así como los nutrientes en cantidades excesivas producen alteraciones a los vegetales cuando se necesita biorremediar un suelo afectado por residuos suelen ser una limitante dado que los suelos apropiados no son susceptibles de trasladarse, es necesario por lo tanto armar un suelo *in situ* con materiales que provengan de otro lugar y que den a los vegetales que serán usados en este proceso sostén, nutrientes, suficiente aireación y agua para su crecimiento y desarrollo. Para este objetivo se usa compost de residuos domiciliarios sumado a cortes de césped y podas arbóreas, también lodos provenientes de aguas servidas sanitizados y compostados.

La etapa final de cierre del relleno sanitario debe llevar a contar con un lugar de aspecto visual similar al entorno Surge la necesidad de disponer de un suelo apto para el establecimiento de especies arbustivas y herbáceas y generalmente se dispone de suelos pobres con limitaciones físicas, químicas y biológicas.

Debemos ensayar distintos sustratos aptos para el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales que se utilizaran y en lo posible producir esas mismas especies.

Las plantas crecen y se desarrollan usando nutrientes de la solución del suelo favorecidas por microorganismos que les colaboran en estos procesos, inclusive en la defensa hacia plagas y enfermedades. Por lo tanto también es recomendable inocular en semillas o en el suelo microorganismos tales como rizobios, micorrizas y promotores del crecimiento de las plantas (Vincent, 1976; Somasegaran, 1994; Camus, 2009; Lagos, 2005).

Los suelos que se usan suelen tener limitaciones diversas que en general implican problemáticas físicas, químicas y biológicas que limitan el buen establecimiento vegetal por lo cual debemos conseguir incorporar materia orgánica.

La materia orgánica se consigue de las podas de céspedes y ramas, los biosólidos o los residuos agroindustriales no tóxicos.

Esta materia orgánica debería acondicionarse de manera de que se degrade y se estabilice antes de usarse, utilizando un proceso como el de elaboración de compost o lombricompost, manejando correctamente los factores involucrados y con el uso de aceleradores de compostaje y lombrices californianas. (Brutti et al., 2002; Venneri 2012; Venneri et al., 2013).



Figura 1. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, pila de compost con aireación pasiva. Foto A: Wachholtz. Lombriz californiana, compost elaborado con acelerador de compostaje, armado de una pila. Foto: Claudia Santibañez. Planta de compostaje en proceso cerrado con aireación forzada, Suecia. Chipeado de ramas de las podas municipales. Fotos: Lucrecia Brutti.

Ensayos realizados para biorremediar el suelo

Ensayo 1

En el exrelleno sanitario de Lepanto, San Bernardo, región Metropolitana, Chile, se estableció un experimento con especies herbáceas para recuperar el suelo, posterior a su etapa de clausura. El trabajo comenzó con la construcción de una terraza sobre la cobertura final de sellado del relleno sanitario; el suelo contuvo una mezcla con

compost elaborado en el lugar basado en podas de ramas, césped y residuos verdes de las ferias libres. La terraza dara protección al sellado de la basura, contendrá el cerro que concentra los residuos sólidos domiciliarios, aumentará la infiltración del agua en el suelo y entregará una gruesa cubierta de suelo donde se podrán establecer especies arbóreas, arbustivas y herbáceas, evitando que sus raíces entren en contacto con la cobertura final de sellado. Sobre la terraza mencionada se establecieron algunas especies herbáceas de césped conocidas, las que fueron ensayadas experimentalmente con el propósito de seleccionar la especie que mejor se adaptara a las condiciones del lugar. La investigación estuvo orientada a estudiar la respuesta en la germinación, la emergencia, el establecimiento, el cubrimiento, la resistencia al corte y la altura de raíces en las plantas de las especies herbáceas. Además, de un análisis de nodulación en plantas de trébol. Las especies herbáceas que se estudiarán corresponden a tres gramíneas, bermuda grass (*Cynodon dactylon*), festuca alta (*Festuca arundinacea*) y pasto azul (*Poa patrensis*); una leguminosa, trébol frutilla (*Trifolium fragiferum*) y una mezcla de las mismas especies. El estudio se completó realizando una identificación de las malezas más predominantes que crecieron en el ensayo experimental con el propósito de seleccionar el manejo de control más adecuado. Además, se determinó la presencia de malezas en el ensayo y se hizo un análisis posterior para evaluar la competencia entre las malezas presentes y las especies herbáceas establecidas. Se diseñó un sistema de riego por aspersión en el ensayo experimental. Además, este trabajo incluye información correspondiente a los costos involucrados en la construcción e instalación de la terraza, el sistema de riego y el ensayo experimental. De todas las especies herbáceas establecidas en el exrelleno sanitario de Lepanto, la bermuda grass (*Cynodon dactylon*) es la especie que responde bien a todos los aspectos evaluados de emergencia, establecimiento, cubrimiento y resistencia de sus plantas al corte. La mezcla de especies herbáceas responde bien a la emergencia, establecimiento y resistencia de sus plantas al corte, pero no así al cubrimiento. La festuca alta (*Festuca arundinacea*) también tiene una buena respuesta a la emergencia, establecimiento y resistencia de sus plantas al corte, pero hay presencia de algunas plantas muertas, un bajo crecimiento y desarrollo de sus plantas en algunos sectores del ensayo y un leve cubrimiento de sus plantas. El trébol frutilla (*Trifolium fragiferum*) tiene una buena respuesta al cubrimiento de sus plantas y una buena resistencia al corte, pero tiene una mala respuesta a la emergencia, establecimiento, crecimiento y desarrollo de sus plantas en algunos sectores del ensayo. La especie con peor respuesta a la emergencia, establecimiento, cubrimiento y resistencia de plantas al corte corresponde al pasto azul (*Poa patrensis*).

Esta especie presenta un mayor número de plantas muertas y un bajo crecimiento y desarrollo de sus plantas en algunos sectores del ensayo. (Brutti y Lladser, 2005).



Figura 2. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. Vista del lugar. Terraza armada. Demarcación y armado de parcelas. Riego de parcelas.

Ensayo 2

La producción de lodos o biosólidos requiere buscar alternativas de uso benéfico y sustentable. (Castro *et al.*, 2007; Eraso, 2007; Grace *et al.*, 2003; Granato *et al.*, 2005; Kim y Owens, 2010; Olaeta *et al.*, 1997; Quinchea y Carmona, 2004). Una alternativa de uso para los lodos es incorporarlo a suelos pobres con el fin de enriquecerlos para permitir el establecimiento de especies vegetales. En este caso se escogió el exrelleno sanitario de Lepanto. Este se encuentra en su etapa de cierre, la que contempla la recuperación del terreno y la construcción de un área verde. El estudio evaluó el comportamiento de tres especies herbáceas, trébol blanco enano (*Trifolium repens*), festuca (*Festuca arundinacea*) y poa (*Poa pratensis*), que juntas conformaron el césped para establecer en el lugar, sobre un suelo con dosis crecientes de lodo (0, 5, 10 y 15 %). Las variables que se evaluaron fueron: índice de velocidad de emergencia

(IVE), producción de materia verde y seca de la parte aérea y raíces, además de una identificación y cuantificación de malezas. La incorporación a un suelo pobre de un 10 % de lodo otorga a este efectos positivos para el establecimiento de un césped. El IVE fue mayor en concentraciones de 10 % de lodo en el sustrato. La producción de biomasa aérea, tanto en peso verde como peso seco, en el suelo con 10 % de lodo es hasta 10 veces mayor que la producción en el suelo sin lodo. El césped establecido en el suelo sin lodo tuvo un gran crecimiento radicular y poca biomasa aérea sin lograr buen cubrimiento del suelo. El suelo sin lodo es tan pobre que solo permite el establecimiento de algunas especies de malezas, a diferencia del suelo con concentraciones de 10 % y 15 % donde se observó una mayor variedad de especies (Lagos, 2006). Otra parte del estudio evaluó el pH, la conductividad eléctrica, la materia orgánica, la temperatura del suelo y la densidad aparente. (Brutti *et al.*, 2010). Las mezclas conformadas con biosólidos otorgaron cualidades positivas para el establecimiento del césped, entregando mejores resultados los sustratos con 10 y 15 por ciento de biosólidos. El pH de las microterrazas fue siempre cercano al neutro, mientras que la conductividad eléctrica se encontró dentro de los rangos normales de salinidad. La materia orgánica, en el sustrato del 15 %, fue un 266 % mayor que el testigo, mientras que el sustrato del 10 % fue 177 % mayor que el testigo. Esto se evidenció claramente en las diferencias de crecimiento entre el testigo y los otros tratamientos. (Brutti y Garrido, 2007).

El biosólido no tiene problemas con respecto a su población de coliformes fecales debido a que cumple con la normativa vigente.



Figura 3. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. Vista general de las terrazas. Distintas dosis de biosólido incorporado al suelo con la mezcla de especies creciendo. Germinación de las especies sembradas.

Ensayo 3

Se evaluaron distintas especies herbáceas como estabilizadoras de taludes sobre una mezcla de suelo con biosólidos en el Relleno Sanitario Santiago Poniente en Santiago, Región Metropolitana, Chile, con el fin de recuperar el suelo. Se evaluó el comportamiento de cuatro tratamientos, tres corresponden a diferentes mezclas herbáceas más uno que actuó como testigo, la mezcla de suelo utilizada contenía un 15 % de biosólido. Las variables evaluadas fueron: temperatura del suelo del ensayo, producción de materia verde y seca de raíces, nodulación de raíces de leguminosas y cuantificación de malezas, índice de velocidad de emergencia (IVE), producción de materia verde y seca de la biomasa aérea e identificación de las malezas.

Los tratamientos correspondieron a: mezcla de suelo más biosólido (sin siembra), mezcla de *Poa pratensis*, *Trifolium repens*, *Festuca sp.*, mezcla de *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, *Festuca sp.* y finalmente *Festuca rubra conmutata*, *Festuca rubra*

rubra. Las mezclas herbáceas se desarrollaron sin dificultad con el manejo del agua y del suelo en el experimento. El tratamiento que presentó una rápida emergencia, mayor producción de materia verde y seca, además de tener menor variedad de malezas fue la mezcla compuesta de *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, *Festuca sp.*, que podrá ser utilizada en el proceso de rehabilitación de área del Relleno Sanitario Santiago Poniente. La incorporación de 15 % de biosólidos a un suelo pobre produce efectos positivos para el establecimiento del prado (Vallejos, 2009; Camus, 2009; Brutti y Vallejos, 2012).



Figura 4. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. Preparación del suelo en mezcla con 15 % de biosólido. Disposición de las parcelas de experimentación, suelo con el 15 % de biosólido. Ensayo antes del primer corte (22 días), muestra los tratamientos en el talud de la plataforma n.º 1. Ensayo antes del segundo corte (51 días), mostrando el desarrollo de los distintos tratamientos. Parcelas de experimentación, donde T1 corresponde a las parcelas sin desarrollo vegetal. Ensayo protegido con material reflectante para evitar el ataque de los depredadores.

Ensayo 4

Los residuos orgánicos provenientes de las explotaciones agroalimentarias, forestales, de las podas y cortes de césped, en su mayoría son dispuestos en rellenos sanitarios.

Afortunadamente ha comenzado una industria dedicada a transformar la materia orgánica residual mediante procesos de degradación aeróbicos como compostaje y lombricultura. Los productos resultantes, adecuadamente acondicionados, pueden transformarse en un sustrato orgánico apto para producir alfombras de césped. Se demostró una técnica sustentable de cultivo de alfombras de césped que no erosiona el terreno y que compara distintos sustratos producidos a partir de residuos de la industria agroalimentaria. Esta consiste en capas de arcilla y sustratos orgánicos mezclado con suelo apisonados sobre un polietileno con perforaciones con bordes de madera que lo sujeten y sembrado con la mezcla cespitosa que se escoja, Este sistema ofrece la opción de enrollarlo o cortarlo en panes.

Los rellenos sanitarios cerrados serían un lugar óptimo para producción de carpetas de césped con destino a uso *in situ* y posible comercialización.

Los terrenos dedicados a esta tarea quedan erosionados por la constante quita de capas de suelo.

Ante este escenario, se evaluaron formas de producción de carpetas de césped con diferentes tipos de sustratos sin provocar erosión. El presente trabajo muestra una técnica sustentable de cultivo de alfombras de césped que no erosiona el terreno y que usa distintos sustratos orgánicos en capas y mezclas.



Figura 5. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, tamizado del material, esparcimiento en las bandejas, apisonado y siembra. Foto: Lucrecia Brutti.



Figura 6. Platabandas, 1 metro de ancho y 4 metros de largo. Ensayo con distintas especies. Cosechando carpeta de césped. Foto: Karina Alegría.

Para ello se utilizó un sistema conservador del suelo previamente diseñado y sobre él se mezcló y se dispuso en capas, suelo, arcilla, compost y tierra orgánica para disponer de un sustrato apto para el desarrollo de una mezcla cespitosa.

Se estableció un ensayo con un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones de los tratamientos, T1 (Capa inferior de arcilla y superior 20 % compost y 80 % suelo) T2 (Mezcla de arcilla con 20 % compost y 80 % suelo) T3 (Capa inferior de arcilla y superior 20 % tierra orgánica Anasac y 80 % suelo) **T4** (Mezcla de arcilla con 20 % de tierra orgánica y 80 % suelo).

Se evaluó el comportamiento de una mezcla cespitosa compuesta por: trébol blanco (*Trifolium repens*), pasto azul (*Poa pratensis*), festuca alta (*Festuca arundinacea*), bermuda grass (*Cynodon dactylon*).

Se calcularon los rendimientos en peso fresco, así como también se realizaron mediciones de materia seca durante dos meses del ensayo.

Posteriormente, mediante sensores especializados se realizaron controles de radiación solar par, humedad y temperatura de los sustratos antes mencionados.

Los tratamientos T1 y T2 ambos con compost son más eficientes en el uso de la humedad (Brutti y Alvarado, 2007).



Figura 7. De izquierda a derecha, vivero para plantines de flor y árbolitos creciendo.

Bibliografía

- BRUTTI, L.; GARRIDO, M. 2007. Evaluación de microterrazas para la formación de suelos en un ex relleno sanitario. Boletín N.º 23 Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Temuco. Chile.
- BRUTTI, L.; LLADSER, F. 2005. Establecimiento de especies herbáceas en el ex relleno sanitario de Lepanto, ISWA 2005, Buenos Aires, Argentina.
- BRUTTI, L.; SANTIBAÑEZ, C.; VARNERO, M.; ALVARADO, P. 2002. Utilización de aceleradores de compostaje. 3.ª Jornadas Chilenas de Física y Química Ambiental, CENMA, Santiago, Chile.
- BRUTTI, L.; LAGOS, M.; GARRIDO, M. 2010. Resúmenes Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario, Argentina, pp 298. Ed. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.
- CAMUS, C. 2009. Evaluación de especies herbáceas para rehabilitación del área en relleno sanitario Santiago Poniente. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Santiago, Chile, Universidad Mayor. Escuela de Agronomía, p. 57. Disponible: <http://catalogo.sibum.cl> Visitado: noviembre 2016.
- CASTRO, C.; HENRÍQUEZ, O; FRERES, R. 2007. Posibilidades de aplicación de lodos o biosólidos a los suelos de sector norte de la Región Metropolitana de Santiago. Revista de Geografía Norte Grande, 37: 35-45.
- COORDINACIÓN ECOLÓGICA ÁREA METROPOLITANA SOCIEDAD DEL ESTADO (CEAMSE). Disponible: www.ceamse.gob.ar visitado 14 de agosto de 2015.
- DANIELS, R.R.; STUCKMEYER, B.E.; PETERSON, L.A. 1972. Copper toxicity in *Phaseolus vulgaris* L. as influenced by iron nutrition. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 9, 249-254.
- EMPRESA METROPOLITANA DE RESIDUOS SÓLIDOS (EMERES). 2000. Plan de cierre relleno sanitario Lepanto. p. 100 p. Santiago, Chile.

- ERAZO, A. 2007. Opciones de uso y disposición en la Región Metropolitana. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Escuela de Agronomía de la Universidad de Chile. Santiago, Chile. p. 90 p. Disponible: [www. http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2007/erazo_a/sources/erazo_a.pdf](http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2007/erazo_a/sources/erazo_a.pdf) visitado: noviembre de 2015.
- GRACE, V.M.; THAYER, M.W.; HOGAN, R.S. 2003. A Biosolids Management Approach that Emphasizes Environmental Sustainability. Proceedings of the Water Environment Federation, WEF/AWWA/CWEA Joint Residuals and Biosolids Management, pp. 961-977..
- GRANATO, T.; COX, A; HUNDAL, L.; SAWYER, B., LANYON, R. 2005. Marketing Biosolids for Beneficial Use in the Chicago Metropolitan Area. Proceedings of the Water Environment Federation, Residuals and Biosolids Management, pp. 87-11.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. 2004. Compost: Clasificación y requisitos. NCH 2880: Of.2004. Santiago, Chile.
- KIM, K.R.; OWENS, G. 2010. Potential for enhanced phytoremediation of landfills using biosolids – a review. Journal of environmental management. v. 91, n.º 4, p. 791-797.
- LAGOS, M. 2006. Uso de biosólidos en la formación de suelos del ex Relleno Sanitario de Lepanto. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Escuela de Agronomía, Universidad Mayor, Santiago, Chile. p. 57 . Disponible: <http://catalogo.sibum.cl> visitado: noviembre 2015
- MALONE, C.; KOEPPE, D.E.; MILLER, R.J. 1974. Localization of lead accumulated in corn plants. Plant Physiol. 53: 388-394.
- MARSCHNER, H. 1978. Nutritional and yield physiological aspects of plant nutrition. Angew. Botanik 52: 71-87.
- MATSUMOTO, H.; MORIMURA, S. 1980. Repressed template activity of chromatin of pea roots treated by aluminum. Plant Cell physiol. 21: 951-959.
- MENGEL, K.; KIRBY, E.A. 2000. Principios de Nutrición Vegetal, 4.ª edición. Editorial Instituto Internacional de la Potasa, Basilea, Suiza.
- MISRHA, D.; KAR, M. 1974. Nickel in plant growth and metabolism. Bot. Rev. 4: 445-502.
- OLAETA, J.; ESPINACE, R.; SZANTO, M.; PALMA, J. 1997. Experiencia de reinserción de vertederos mediante la implantación de una cubierta vegetal. XII Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Copiapó, Chile.
- OTTOW, J.C.G.; BENCKISER, G.; WATANABE, I.; SANTIAGO, S.1983. Multiple nutritional soil stress as the prerequisite for iron toxicity of wetland rice. Trop. Agric. 60: 102-106.
- PRIMER TALLER INTERNACIONAL DE BIORREMEDIACIÓN. 2013. Libro de resúmenes Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- QUINCHÍA, A.; CARMONA, D. 2004. Factibilidad de disposición de los biosólidos generados en una planta de tratamiento de aguas residuales combinadas. Revista EIA, número 2, p. 89–108. Disponible: <http://revista.eia.edu.co/articulos2/8%20factibilidad.pdf> visitado: 27 de setiembre de 2015.
- RAUSER, W.E. 1973. Zinc toxicity in hydroponic culture. Can. J. Bot. 51: 301-304.

- REISENAUER, H.M.; WALSH, L.M.; HOEFT, R.G. 1973. Testing soils for sulphur, boron, molybdenum and chlorine. Soil Testing and Plant Analysis. Soil Sci. Soc. of America Inc. Wisconsin.
- RUFFY, T.W.; MINER, G.S.; RAPER, C.D. 1979. Temperature effects on growth and manganese tolerance in tobacco. *Agron. J.* 71: 638-644.
- SOMASEGARAN, P.; HOBEN, H.J. 1994. Handbook for Rhizobia. Methods in Legume - Rhizobium Technology. Springer-verlag. New York, Inc.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 1998. Plant Physiology, 2.^a edición. Sinauer Associates Inc., Publishers. Sunderland, Massachusetts..
- UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO, FACULTAD DE INGENIERÍA. 1997. Informe sobre asesoría y monitoreo a la segunda etapa de construcción del parque la Feria. Santiago, Chile.
- UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO, FACULTAD DE INGENIERÍA. 1997. Diseño de un plan de cierre y rehabilitación de áreas utilizadas como vertederos o rellenos sanitarios. Santiago, Chile.
- VALLEJOS, V. 2009. Uso de biosólidos en la rehabilitación de área en relleno sanitario Santiago Poniente. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Escuela de Agronomía, Universidad Mayor, p. 57. Disponible: <http://catalogo.sibum.cl> visitado: noviembre de 2016.
- VENNERI, M. 2012. Aceleración del proceso de compostaje para favorecer el uso sostenible de la tierra. Trabajo de intensificación para obtener el título de Licenciado en Ciencias Ambientales Huerta Orgánica Experimental, Cátedra de Edafología. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Disponible:<http://ri.agro.uba.ar> visitado: 16 de septiembre de 2016.
- VENNERI, M.; GIARDINA, E.; BRUTTI, L.; GIUFFRÉ, L.; CLOZZA, M. 2013. Aceleración del proceso de compostaje para mantener el uso sustentable del suelo. Jornadas Argentinas de Conservación de Suelos 02-04 de junio de 2013. Buenos Aires, Argentina.
- VINCENT, J.M. 1976. A Manual for the Practical Study of Root-Nodule Bacteria. IBP Handbook n.º 15 Blackwell Scientific Publication. Oxford and Edinburgh.