
EXPERIENCIAS DE REINSERCIÓN DE VERTEDEROS MEDIANTE
LA IMPLANTACIÓN DE UNA CUBIERTA VEGETAL

XII Congreso Chileno (de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
Copiapó , Chile, Octubre de 1997

EXPERIENCIAS DE REINSERCIÓN DE VERTEDEROS MEDIANTE LA IMPLANTACIÓN DE UNA CUBIERTA VEGETAL

Olaeta C., Jose A.¹; Espinace A., Raúl; Szantó N., Marcel¹; Palma G., Juan.²

¹ Profesor Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso.

² Profesores Escuela de Ingeniería en Construcción, Facultad de Ingeniería Universidad Católica de Valparaíso.

Palabras Claves: Rellenos sanitarios, reinsertión, recuperación, rehabilitación, cubierta vegetal.

RESUMEN

La necesidad de contar con alternativas para la reinsertión de áreas impactadas por el vertido de residuos sólidos, tiene como requisito fundamental es que se debe satisfacer con el objetivo de proteger la salud humana y del medio ambiente. Sobre el tema de la recuperación de áreas impactadas por vertidos de residuos sólidos no existe a nivel mundial una solución única, sino que existen variadas tendencias tecnológicas, niveles de desarrollo del conocimiento y criterios para enfrentar el tema. En relación a lo anterior es posible definir diferentes alternativas de reinsertión y distintos usos que se pueden dar a una cubierta vegetal. Entre ellas se pueden mencionar: usos recreacionales o suelos de fundación de construcciones, usos forestales y posibles y usos agrícolas.

Los autores han trabajado en el tema desde el año 1987 donde han probado experimentalmente diferentes tipos de coberturas, en los vertederos de Limache, La Feria y Papudo cuyos resultados son comparados con experiencias internacionales. Los resultados obtenidos muestran que las especies adaptadas en Chile no son siempre las mismas a las reportadas por la bibliografía internacional, por lo que las respuestas a las situaciones nacionales deben necesariamente ser propias, lo que obliga a generar mayores investigaciones nacionales a través de metodologías como las expuestas en este artículo.

INTRODUCCIÓN

La etapa final de un vertedero o relleno sanitario posterior al cierre, es la que corresponde a su reinsertión, que es donde se desarrollan las faenas destinadas a reincorporar el relleno sanitario ya sellado a su entorno, controlando las emisiones de biogás, líquidos lixiviados y los problemas que puedan causar los asentamientos entre otros, de manera que se impida causar impactos negativos al ambiente y la salud. En esta etapa se debe terminar de implementar las instalaciones de monitoreo, emplazadas en la etapa de sellado, que sean necesarias para controlar que el emplazamiento no sea causa de contaminación de aire, suelo o agua. La reinsertión, habitualmente tiene alguna de las siguientes alternativas de destino: agrícola, recreacional, y/o apoyo a algún tipo de estructuras.

Para orientar el proyecto hacia las metas que se buscan con la reinsertión, se precisa establecer los objetivos técnicos específicos, tarea difícil dado que actualmente sobre el tema de la recuperación de áreas impactadas por vertidos de residuos sólidos no existe una solución única, sino que existen variadas tendencias tecnológicas, niveles de desarrollo del conocimiento y criterios para enfrentar el tema.

Se presentan a continuación, algunos criterios adoptados en trabajos de recuperación destinados a usos recreacionales, agrícolas forestales, con el propósito de ilustrar lo esencial de un desarrollo metodológico de este tipo de proyectos y su proyección.

REINSERCIÓN CON DESTINO RECREACIONAL, AGRÍCOLA Y FORESTAL

Se han reportado numerosos trabajos donde los vertederos o rellenos sanitarios se han reinsertado como áreas de recreación, campos de deportes y servicios. Sin embargo no hay una información acabada sobre el tipo de vegetación que puede adaptarse sin problemas a las condiciones adversas de un relleno sanitario.

Ya en 1972 (Duane, 1972) indica el éxito en la habilitación de canchas de golf y jardines sobre rellenos sanitarios, usando además especies arbóreas para completar el paisaje.

El Ministerio del Ambiente y Calidad de Vida de Francia (1985) plantea la importancia de ocupar los rellenos sanitarios acabados en parques o campos productivos, para lo cual señala una serie de posibilidades de especies tanto arbóreas como herbáceas, las cuales podrían adaptarse a las condiciones de suelo que posee un relleno sanitario, esto es, delgada capa de suelo, alta concentración de gases como CO₂ y CH₄, y alto contenido de metales pesados entre otros. Los autores señalan también que es necesario poblar primero con especies llamadas "pioneras", las cuales soportan condiciones adversas, y tienen un crecimiento más rápido, creando así un microclima para que se puedan desarrollar posteriormente especies denominadas "nobles". Como especies arbóreas primarias, se señalan *Populus sp.*, *Betulus alba* y *Salix alba*.

Dentro de las especies herbáceas se recomiendan especies leguminosas y gramíneas, como trébol blanco y rosado, *Festuca*, *Agrostide*, *Lupino*, *Coluca sp.* y otros. Estudios realizados en Argentina (Trellez, 1976) señalan que una adecuada mezcla de especies prateras corresponde a: *Lolium perenne*; *Agrostis stolonifera*; *Poa pratensis*; *Festuca rubra* y *Cynodon dactylon*.

Gilman, et al. (1979) definen las siguientes especies como resistentes a la baja tensión de oxígeno en las raíces: *Nyssa sylvatica*; *Picea excelsa*; *Ginkgo biloba*; *Pinus humbergii*; *Myrica pennsylvánica*; *Populus sp.*, *Pinus strobus*; *Canadensis palustris*; *Taxus cuspidata* y *Filix americana*, indicando que probablemente el tamaño de las plantas al momento de ser plantadas podría influir en la adaptación inicial a las condiciones de baja tensión en el medio.

En la publicación de la Comisión de Comunidades Europeas (1992) (Landfill gas from environment to energy. EUR 14017. Commission of the European Communities, 1992, Luxembourg) señalan algunas especies como posibles de usar en un vertedero sanitario (Tabla 1.)

En información más reciente, Fabris (1995) reporta la experiencia alcanzada en cinco rellenos sanitarios de Italia, estos son: Vertedero de Bellolampo en Palermo, Vertedero de Imola, Vertedero de Vallin dell' Aquila en Livorno, Vertedero de Cozzo Disi en Casteltermini (Agrigento) y el Vertedero de Scala Erre en Sassari. Cada uno de ellos con características diferentes por lo tanto con soluciones propias. Sin embargo en ellos no se reportan las especies vegetales utilizadas.

Russo y Vieira 1995 reporta en Portugal, la recuperación de un vertedero municipal no controlado ubicado en una vieja mina de caolín, el que se utiliza hoy como lugar de recreación y servicios de la población de Viana do Castelo, al construir allí estacionamientos, lavado de automóviles, tiendas y una laguna artificial. En esta recuperación también se incorporaron especies arbóreas y arbustivas, sin embargo no se reportan las condiciones de ellas.

Otra de las alternativas de utilización de los rellenos sanitarios, una vez finalizados, es la vegetación tanto arbórea como arbustiva en aquellos sectores no urbanos. El tipo de destino agrícola-forestal que se pretenda dar a un antiguo relleno sanitario, estará en función del grado de estabilidad del terreno y del espesor de la capa final de recubrimiento. Si en el vertedero terminado se va a sembrar alguna especie vegetal en particular, el espesor de la capa de recubrimiento final de tierra debe ser suficiente y debe presentar condiciones de soporte vegetal adecuadas para las especies que se van a sembrar. En la mayoría de los casos, es suficiente un recubrimiento final de suelo de aproximadamente 60 cm bien compactado. Según el tipo de especie arbórea o arbustiva que se desee introducir, puede ser necesario que el recubrimiento final requiera un espesor mayor.

Se debe prestar especial atención a los canales para el drenaje superficial, los que deben estar empedrados o revestidos para evitar la erosión y las infiltraciones. Antes de tomar una decisión sobre el uso del emplazamiento para sembrar alguna especie vegetal en particular, hay que evaluar la posibilidad de contaminación del agua subterránea por la infiltración del agua de riego.

En Kearney (Nebraska) se han sembrado canchales rellenos de residuos, con alfalfa, siendo suficientes para ello unos 60 cm de recubrimiento final. En Inglaterra, se han utilizado también algunos terrenos provenientes de rellenos sanitarios, para fines agrícolas-forestales.

TABU 1: Algunas especies propuestas para ser utilizadas en un relleno sanitario.

NOMBRE COMUN INGLES	NOMBRE CIENTIFICO
Black poplar	<i>Populus nigra</i>
Dog-rose	<i>Rosa canina, L.</i>
Willow	<i>Salix, spp</i>
Hazel	<i>Corylus avellana, L.</i>
American cherry	<i>Prunus serotina, Ehrh.</i>
European cherry	<i>Prunus avium, L.</i>
European horse chestnut	<i>Aesculus hippocastanum, L.</i>
Apple	<i>Malus domestica, L.</i>
Sweetgum	<i>Liquidambar styracifitia, L.</i>
Weeping willow	<i>Salix babylonica, L.</i>
Silky dogwood	<i>Comus amonum, L.</i>
Lime tree	<i>Tilia cordata, Mill</i>
Common arder	<i>Alnus glutinosa, L.</i>
European aspen	<i>Populus tremula, L.</i>
Poplar, Silver birch	<i>Betula pendula, L.</i>
Robinia	<i>Robinia pseudacacia, L.</i>
Moutain ash	<i>Eucalyptus regnans, L.</i>
Sycamore	<i>Acer pseudoplatanus, L.,</i>
Grey arder	<i>Alnus incana, Moench.</i>
Ginkgo	<i>Ginkgo biloba</i>
American sycamore	<i>Plataniis occidentalis, L.</i>
Pin oak	<i>Qüercus palustris, L.</i>
Red maple	<i>Acer rubrum, L.</i>
Hawthorn	<i>Crataegus monogyna</i>
Hairy birch	<i>Betula pubescens</i>

Fuente: Landfill gas from environment to energy. EUR 14017. Commission of the European Communities, 1992, Luxembourg.

El destino agrícola-forestal para un relleno sanitario es la opción más común y más simple de empleo para estos terrenos (Wallace, R.B y Ulrich, C.M., 1995), debido a que no se requiere una planificación muy acabada durante la etapa de diseño . En general, esta solución representa una opción de bajo costo para los propietarios que deben introducir y mantener una cubierta vegetal durante el periodo posterior al cierre del relleno sanitario. En particular, muchas especies vegetales, no requieren coberturas finales de gran espesor u otras capas de soporte vegetal y pueden ser introducidas sin grandes modificaciones del perfil de la capa de sellado. Sin embargo, en la literatura consultada se han encontrado pocas referencias en cuanto a los efectos que puede producir en la vege el medio agresivo que representa un relleno de residuos sólidos y particularmente los niveles de toxicidad que se pueden producir en las plantas. Autores como Purves y McKenzie (1974) o Giordano y Mays (1981), han publicado que un aumento de la absorción de metales pesados como Plomo, Cobalto, Niguel, Cromo y otros, provocarían toxicidad en las plantas entrando a la cadena alimentaria afectando a hombres y animales. Saarela, (1991) reporta un elevado tenor de metales pesados en un vertedero sanitario en Finlandia y Grantham, G., y Young, P. 1993. encuentran en una muestra del vertedero Foxhall, en Inglaterra, altos niveles de cloro, amonio a diferentes profundidades del vertedero.

De lo anteriormente expuesto se desprende la limitación del destino agrícola que tendría un relleno sanitario, ya que las soluciones para reinsertar estas áreas, necesariamente deben ser económicas y no implicar riesgos para el ambiente y la salud pública . Sin embargo el uso forestal no presenta limitaciones en ese sentido pues su utilización no implica un deterioro en la salud humana. En otro ámbito es posible señalar que la mayoría de los rellenos sanitarios si no todos, tienen problemas con el control de la sedimentación y de la erosión. Esto pone de relieve la necesidad de prestar especial atención a lo que puede ser considerado un componente habitual del sistema de un vertedero especialmente para favorecer la implantación de una cubierta vegetal.

Es importante considerar la disposición que debiera tener la cubierta final del vertedero para mantener una cubierta vegetal sin la incidencia mayor de gases y metales pesados, asegurando así un mayor desarrollo de las especies implantadas, para lo cual es de vital importancia la adecuada eliminación de gases del vertedero.

En relación a lo anterior también es importante considerar el espesor de la cubierta final donde se desarrollarán las especies vegetales. Se estima que un espesor de 50- 60 cm sería suficiente para la vegetación praterse y 70-80 cm para la arbustiva. Dobson, M.C. and Moffat, A.J. (1995) reportan los efectos que las condiciones de un vertedero ^{sene} sobre el desarrollo radical de diferentes especies entre las que destacan

- Ash (Faxinus);
- Beech (Fagus);
- Birch (Betula);
- Chestnut(Castanea);
- Cypress (Cupressus);
- Fir (Abies);
- Holly(Ilex);
- Hornbeam (Carpinuss);
- Larch (Larix);
- Lime (Tilia);
- Maple (Acer);
- Oak (Quercus);
- Pine (Pinus);
- Poplar (Populus);
- Southern beech (Notophagus);
- Spruce (picea).

(*) Nombres comunes en inglés

Los autores reportan que las especies vegetales presentan un menor desarrollo radical a medida que la profundidad aumenta debido a que en un vertedero, las condiciones adversas se incrementan en profundidad. Esta situación se aprecia en la figura. Estos resultados son corroborados por La Marca et al. (1995) en un trabajo de reinsertión en un vertedero en Firenze Italia, con 9 especies vegetales: Fraxinus ornus, Pyacantha coccinea, Quercus pubescens, Acer campestre, Robinia pseudoacacia, Fraxinus ornus, Cupressus sempervirens, Crategus monogyna, Piracantha coccinea, Spartium junceum y Euonymus japonicum.

Las especies fueron cultivadas en el vertedero en sectores cubiertos con capas de suelo de diferentes espesor 30 cm de suelo(A1); 15 cm de suelo (A2); y sin cobertura de suelo(A3), en los sectores alto, medio y bajo de la pendiente del talud, y se compare) con el crecimiento vegetal en un sector contiguo que no era parte del vertedero. Esta situación se aprecia en la figura 2.

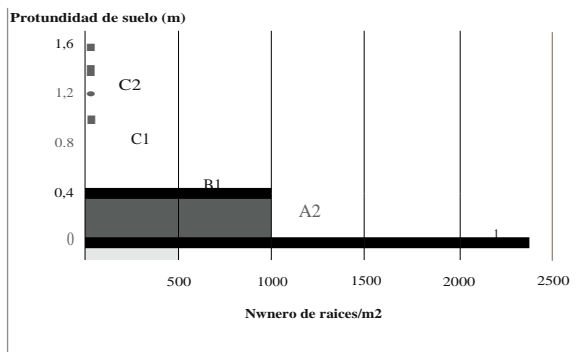


FIGURA 1: Efectos de la profundidad del "suelo" en un relleno sanitario sobre el desarrollo radical.

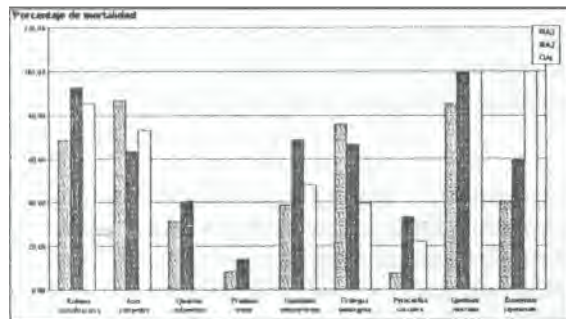


FIGURA 2: Porcentaje de mortalidad de diferentes especies en un relleno sanitario, cultivadas con diferentes espesores de suelo. A1 = 30 cm.; A2 = 15 cm.; A3 = sin suelo.

El gráfico muestra como en general los sectores donde el suelo fue más profundo (30 cm) la mortalidad de las especies fue menor. Se observe) también que hay especies que tuvieron un mejor comportamiento como es el caso de Quercus pubescens, Fraxinus ornus, Pyacantha coccinea y Crategus monogyna. Los autores indican además que la mayor cantidad de biomasa desarrollada ocurrió en el sector donde hubo una mayor capa de suelo (30 cm). Esto se corrobora por los resultados reportados en la figura 3, donde se aprecia que los niveles de CO₂ y CH₄ fueron mayores en los sectores donde hay residuos sólidos.

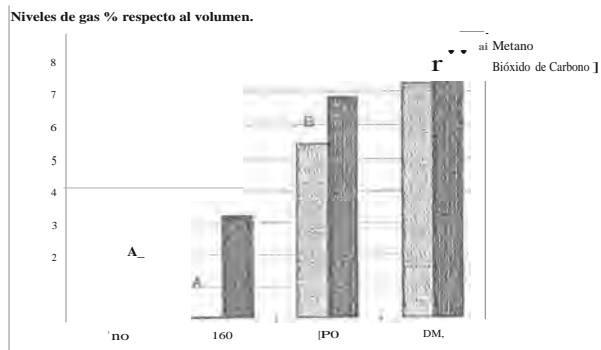


FIGURA 3: Concentraciones de metano y bióxido de Carbono a diferentes profundidades, T en un sector fuera del vertedero y D en un sector dentro del vertedero. A dos profundidades 30 y 60 cm. Los valores marcados con letras diferentes son estadísticamente diferentes con un nivel de P=0,01.

RESULTADOS DE EXPERIENCIAS CHILENAS REALIZADAS POR LOS AUTORES

Dado que las experiencias internacionales no siempre son extrapolables a la realidad chilena y que por otro lado, se requiere dar a conocer mayores orientaciones sobre el comportamiento de especies vegetales sobre rellenos sanitarios agotados, se presenta a continuación los principales resultados de las experiencias realizadas por este grupo de trabajo de la Universidad Católica de Valparaíso en el relleno sanitario de Limache y en otras aplicaciones nacionales.

Prado et al. 1988 reportan en Chile, el comportamiento que presentó la vegetación natural en el Vertedero Experimental de Limache. Allí se realizó el seguimiento de diferentes especies, tanto arbóreas como arbustivas y pratenses las que se describen en la tabla 2. Esta investigación es la primera de su género realizada en Chile.

Los autores señalan, que con el fin de determinar el seguimiento de la vegetación natural encontrada en el Vertedero Experimental de Limache en agosto de 1987, se seleccionaron 12 sitios, los que fueron marcados de manera tal que cubrieran tanto las diferentes especies y condiciones ecológicas encontradas, como las diferentes etapas del relleno sanitario, las cuales fluctuaron entre 5 y 1 año. La selección de los sitios se realizó a fines de agosto de 1987 y posteriormente se evaluó el comportamiento de la

vegetación se secó, ya sea por toxicidad o por cumplimiento de su ciclo de vida, situación que ocurrió a inicios del mes de enero.

Las diferentes condiciones ecológicas seleccionadas para realizar el seguimiento de la vegetación natural, se presentan en la tabla 2. Lo anterior es particularmente importante ya que el relleno sanitario utilizado se encuentra en un área rural, el que soluciona el problema de los desechos urbanos, sin embargo, causa un efecto negativo sobre las condiciones ecológicas naturales del área, al modificar la flora y fauna existentes. El problema mayor se produce una vez que el relleno sanitario ha concluido su etapa explotación. En ese momento, será necesario restablecer condiciones ecológicas de flora y fauna similares al entomb.

Una gran mezcla de especies vegetales en un vertedero multiplica las probabilidades de crear microclimas favorables para el desarrollo sostenido de ellas, existiendo especies denominadas pioneras, las cuales se desarrollan rápidamente, formando un sustrato para aquellas especies de crecimiento más lento. Las especies pioneras, sin tener grandes condiciones estéticas, logran acelerar el retorno a un equilibrio biológico y favorecen el desarrollo de especies nobles.

Las especies vegetales encontradas, son características de zonas de secano con pluviometría inferior a 500 mm y propia de la localidad. Entre la vegetación natural que presentaba el vertedero de Limache, fueron detectadas 3 especies arbóreas: En el sector de 4 años, Eucalipto, de 30 cm. de altura y Espino, de 100 cm. de altura. En el sector de 3,5 años, Espino de 60 cm. de altura y en el sector de 2.5 años, Ciprés, de 25 cm. de altura. En general, tanto en las especies ubicadas en el relleno de 4 años como de 2.5 y 3 años, no se observó daño en el follaje, así como en el crecimiento provocado por la toxicidad de gases o elementos en el vertedero, durante el periodo de evaluación.

En relación a la vegetación arbustiva, ésta estuvo compuesta por la especie Quilo y Bacaris, las cuales se encontraron en rellenos de 2 y 3.5 años, respectivamente. El Quilo, que presentaba una altura de 30 cm. y con un buen desarrollo foliar de temporadas anteriores, comenzó a presentar síntomas de amarillez en las hojas y un crecimiento (Mil. A medida que transcurrió el tiempo, las hojas presentaron necrosis para finalmente secarse completamente. La fitotoxicidad que se presentó en esta especie, podría atribuirse al estado de descomposición activo que presentaba el material de relleno, puesto que tenía sólo dos años en el lugar, y por lo tanto, los niveles de gases como metano eran altos junto a otros elementos en las aguas residuales. El "Bacaris", que se encontraba en un sector más antiguo (3.5 años), tenía una altura de 35-40 cm. aproximadamente. Al inicio de la evaluación, presentaba crecimiento antiguo seco y crecimiento nuevo normal. Su comportamiento fue apropiado.

Un tercer tipo de vegetación que fue considerado en el análisis fue la vegetación anual. Esta vegetación, en general, completó su ciclo de desarrollo característico, observándose primero un desarrollo vegetativo, luego floración, posteriormente producción de semillas y finalmente la senescencia de las plantas. Sin embargo, algunas especies dependiendo de la antigüedad del material de relleno del Vertedero y de la ubicación dentro de él, presentaron una fitotoxicidad creciente que se manifestó en un acortamiento del ciclo descrito.

TABLA 2: Distribución de especies correspondientes a vegetación natural en el Vertedero Experimental de Limache (Prado et al 1988)

N° SITIO	EDAD APROXIMADA	ESPECIE	
	DEL RELLENO SANITARIO	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN
1	2	Muehlenbeckia hastulata	Quilo
2	2	Matricaria chamomilla Lolium multiflorum Taraxacum vulgare Brassica camprestis Brisa minor Hordeum murinnun Poa annua Medicago polymorpha	Manzanilla Ballica Diente de León Yuyo Brisa Cebadilla Piojillo Medicago
3	2.5 - 3 años	Medicago polymorpha Trifolium glomeratum Cu. essus macrocarpa	Medicago Tusol Ciprés
4	2.5 - 3 años	Circium vulgare Hordeum murinum Lolium multiflorum Erodium cicutarium	Cardo Cebadilla Ballica Alfilarillo
5	3.5 años	Baccharis linearis Medicago polimogha	Bacaris Medicago
6	3.5 años	Cynodon dactylon	Chépica
7	3.5 años	Acacia caven	Espino
8	3.5 años	Nasella chilensis	Nasela
9	3.5 años	Gnaphalum sp. Lolium multiflorum Hordeum murinum Circium vulgare	Naphalum Ballica Cebadilla Cardo
10	4 años	Eucaliptus globulus Madia saliva	Eucalipto Melosa
11	4 años	Acacia caven Erodium cicutarium Medicago polymorpha Matricaria chamomilla Raphanus sativus Baccharis linearis	Espino Alfilarillo Medicago Manzanilla Bacaria
12	4 años	Oxalis australis Cynodon dactylon	Oxalis Chépica

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis realizado, se puede establecer que en las especies anuales Manzanilla, Ballica, Diente de León, Yuyo, Brisa, Piojillo, Rábano, Alfilarillo y Cardo, no se presentaron síntomas de fitotoxicidad durante su desarrollo, independiente del lugar dentro del Vertedero en que se encontraban. Ellas concluyeron su ciclo vegetativo, cuando las condiciones de humedad eran deficitarias. El mismo comportamiento tuvo la especie Cebadilla de los sectores 2.5 a 3 años y 3.5 años.

Las especies Cebadilla, Piojillo y Medicago, que se encontraban en el sector de 2 años, presentaron un ciclo vegetativo más corto, que aquellas plantas que se desarrollaron en otros sectores. Esto hace presumir que en este sitio, la edad del Vertedero influyó en el normal desarrollo de estas plantas, no ocurriendo lo mismo en las especies Manzanilla, Ballica, Diente de León, Yuyo y Brisa. Es importante destacar también, que las especies Nasela, Melosa y Chépica, permanecieron activas y verdes en periodos secos, lo que demuestra que posee gran resistencia a condiciones extremas de sequía.

Los mismos autores evaluaron también el comportamiento de diversas especies introducidas tanto arbóreas como arbustivas, se establecieron ensayos para evaluar el comportamiento de 6 especies arbóreas: PINO INSIGNE *Pinus radiata*, PIMIENTO *Schinus molle*, QUILLAY *Quillaja saponaria*, CIPRES *Cupressus macrocarpa*, AROMO AZUL *Acacia cyanophila* y CASUARINA *Casuarina cunninghamii*. y 4 especies arbustivas: ALCAPARRA *Cassia tomentosa*, PITOSPORO *Pitosporus tobra*, LIGUSTRO *Ligustrum japonicum* y ATRIPLEX *Atriplex repanda*.

Previo al establecimiento de los ensayos, se analizaron las condiciones físico-químicas y morfológicas del suelo, para las cuatro condiciones del Vertedero, las que abarcaban un periodo de descomposición del material de relleno de 4, 3, 2 y 1 año respectivamente. En cada edad del relleno sanitario, se seleccionó un sitio representativo en el cual se observaron las características físicas y morfológicas del perfil hasta una profundidad en que el material de relleno estaba al menos semidescompuesto.

Conjuntamente con la descripción del perfil, se tomaron muestras a dos profundidades, 0-20 y 20-40 cm, para determinar, diferentes características físicas y químicas. Se realizaron evaluaciones semanales de las especies, observando su adaptación a las condiciones del medio edáfico, especialmente la aparición de síntomas de toxicidad. Además, se realizaron mediciones de número y largo de brotes en dos oportunidades. En esta investigación los autores reportan los siguientes resultados.

- Característica del suelo en el Vertedero Experimental de Limache.

a) Características Morfológicas del Perfil de Suelo.

El perfil de suelo en el Vertedero, varía de acuerdo con la edad del material de relleno, encontrándose mayor desarrollo de suelo útil para el crecimiento de especies vegetales en el sector más antiguo y el menor en el sector donde el relleno tenía solo 1 año.

El material de cubrimiento corresponde a una textura franco arcillo arenosa; ocupa una profundidad que varía de 12 a 18 cm y que se encuentra bastante compactado. Posteriormente, se presenta una capa de espesor variable, donde hay mezcla de material de relleno con material de cubrimiento, predominando el material de cubrimiento. En profundidad, hay una capa de mezcla de materiales con mayor porcentaje de basura, y por último, aparece una capa de basura casi exclusivamente.

El grado de descomposición de estos residuos, varía de prácticamente cero en el sector de 1 año, en que podía visualizarse gran parte de los residuos depositados, a una descomposición más avanzada de los residuos restantes. En el sector de 1 año o, se

material de relleno y se caracterizaba por su olor putrefacto.

b) Características físicas del perfil

En la tabla 3 se presentan algunas características físicas de los diferentes sectores del Vertedero. Puede observarse, que la densidad aparente de los distintos sectores a una profundidad de 0-20 cm varía entre 1.48 y 1,65 gr./cm³. Estos valores indican la existencia de porcentajes de poros bajos y por ende, de un cierto grado de compactación del material y son comunes los terrones de arena limo y arcilla. El valor más bajo correspondió al sector de 3 años y el más alto, al sector de 1 año. Entre los 20 y 40 cm de profundidad, se observa un leve descenso de la densidad aparente (Da), variando entre 1.33 y 1.44 gr./cm, situación que sería reflejo de un mayor contenido orgánico provocado por el material de relleno. Sin embargo, la disminución de la Da es pequeña y por tanto indica que a esa profundidad aún predomina el material granítico usado como de cubrimiento sobre el material orgánico.

Con respecto a la granulometría, se observa que el mayor porcentaje corresponde a partículas de arena, fluctuando entre 51.8 y 70.5%. Las partículas arcillosas variaron entre 18.55 y 28.20% y el limo entre 10.7 y 22.1%. No se observa una diferencia entre la primera capa (0-20 cm) que corresponde a material de cubrimiento y la segunda capa (20-40 cm), lo que indicaría que existe una gran proporción de este tipo de material en relación a los residuos depositados. La disminución del contenido de arcilla en los sectores de 2 y 1 año de antigüedad, sería resultado de un menor contenido natural de este tipo de partículas del material que se estaba utilizando como cubrimiento y que corresponde a material extraído del lugar y cuyo origen es granítico.

TABLA 3: Algunas características físicas de cuatro sectores del Vertedero Experimental Limache. (Prado et al. 1988).

	DA (GICM)	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA
Sector 4 años				
0 - 20 cm	1.53	51.80	22.10	26.10
20 - 40 cm	1.42	63.80	10.70	25.50
Sector 3 años				
0 - 20 cm	1.48	55.10	17.40	27.50
20 - 40 cm	1.33	53.70	18.00	28.20
Sector 2 años				
0 - 20 cm	1.54	68.70	15.40	16.20
20 - 40 cm	1.43	57.10	18.35	24.55
Sector 1 año				
0 - 20 cm	1.65	66.40	15.05	18.55
20 - 40 cm	1.44	70.50	10.70	18.80

Fuente: Elaboración propia.

c) Características químicas del perfil.

En la Tabla 4 se presentan las características químicas de los diferentes sectores del Vertedero a las profundidades estudiadas.

TABLA 4: Características químicas de los diferentes sectores del Vertedero Experimental de Limache. (Prado et al. 1988).

	PH	C.E.	%C		REL. C/N	N-NO2 PPM	P DISP. PPM	K INTERC. PPM
Sector 4 años								
0 - 20 cm	7.82	0.16	0.15	0.04	3.75	13.12	10.77	308.28
20 - 40 cm	6.53	0.50	0.59	0.09	6.50	42.63	11.82	147.82
Sector 3 años								
0 - 20 cm	6.13	0.08	0.08	0.03	3.66	13.12	2.77	62.77
20 - 40 cm	6.59	0.14	0.41	0.07	5.86	36.07	6.69	47.31
Sector 2 años								
0 - 20 cm	6.36	0.08	0.17	0.03	5.16	6.56	4.22	39.58
20 - 40 cm	7.79	0.24	0.33	0.08	4.14	45.91	3.96	186.48
Sector 1 año								
0 - 20 cm	7.28	0.41	0.42	0.06	7.07	6.56	7.69	95.57
20 - 40 cm	7.33	2.05	2.29	0.21	10.88	131.16	47.31	1400.90

Fuente: Elaboración propia.

Puede observarse que la reacción del suelo, varía de ligeramente ácido a ligeramente alcalino (6.13 a 7.82), no encontrándose un patrón definido por edad del relleno ni por profundidad. En general, el sector de 3 años presentó los valores de pH más bajos y el sector de 1 año, los valores más altos. El comportamiento errático del sector de 4 años, presentando condiciones ligeramente alcalinas en superficie y ligeramente ácidas en profundidad, pudiera deberse a la contaminación de este sector con aguas lixiviadas del sector más nuevo del Vertedero, las que vendrían cargadas de cationes y aniones que se han hidrolizado y solubilizado del material de relleno. Esta condición se reflejaría también en los balances de cationes y aniones solubles que se ve en la Tabla 5. Al analizar los valores de conductividad eléctrica, llama la atención los bajos valores encontrados en todos los sectores y profundidades, a excepción de sector de 1 año, en la profundidad de 20-40 cm, donde podría catalogarse de medio. Estos valores aparentemente son resultados por una parte del proceso de descomposición, el que ha solubilizado los cationes y aniones presentes en los residuos, y por otro, del proceso de lixiviación ocurrido durante las épocas invernales, que ha llevado a capas más profundas y probablemente también, fuera del Vertedero, soluciones cargadas de elementos liberados en el proceso de descomposición. Los mayores valores de conductividad eléctrica, presentados por el sector más joven (1 año) obedecen a su menor tasa de descomposición y lixiviación debido al menor tiempo transcurrido. Los valores que presenta el sector más antiguo (4 años), son ligeramente superiores a los encontrados en los sectores con 2 y 3 años, y podrían explicarse por la contaminación de este sector con aguas lixiviadas de los sectores 1, 2 y 3 años, debido al desnivel que se presenta entre ambos.

La baja salinidad observada en los diferentes sectores del Vertedero permite concluir que el medio no presenta obstáculos por esta causa, al normal desarrollo de las especies vegetales, situación que facilita la incorporación del Vertedero a su entombamiento natural. Es conocido el hecho de que los compost de residuos urbanos presentan una alta concentración salina, reflejándose en tenores de conductividad eléctrica superiores a 20 mHhOS/cm³. La no ocurrencia de esta salinización en los residuos del Vertedero, demuestra que la lixiviación provocada por las aguas lluvias, ha sido efectiva en la remoción de estos elementos.

Con respecto al contenido de Carbono, Nitrógeno y a la relación C/N, puede observarse los bajos contenidos de estos parámetros en los distintos sectores y profundidades. En superficie (0-20 cm), los tenores de C y N, oscilan entre 0.08-0.17% y 0.03- 0.04% respectivamente, para los sectores con material de relleno de 4 a 2 años y reflejan la escasa cantidad de materia orgánica que presenta el material de cubrimiento, la que se encontraría muy estabilizada constituyendo humus, es decir, relación C/N muy baja.

En el sector con material de relleno de 1 año, se presenta un tenor más elevado de C (0.42%) y por lo tanto, una relación C/N superior en los primeros 20 cm, aumentando aún más entre los 20 y 40 cm. Sin embargo, corresponde sólo a aproximadamente un 4% de materia orgánica, lo que vuelve a ratificar el alto grado de material de cubrimiento que presenta esta capa.

Los contenidos de N disponible fueron en general, bajos en el material de cubrimiento (0-20 cm) y medios a altos entre los 20 y 40 cm de profundidad, a excepción del sector de 1 año, que presentó a esa profundidad un tenor muy alto. Un comportamiento similar se observó para P disponible y K intercambiable, encontrándose valores bajos en el material de cubrimiento y medios a altos entre los 20 y 40 cm de profundidad. El sector del año siempre presentó los mejores tenores y en condición intermedia se ubicó el sector de 4 años, lo que se atribuiría a la contaminación del sector con lixiviados.

En la Tabla 5 se presentan los contenidos de los principales cationes y aniones solubles, presentes en los sectores del Vertedero.

TABLA 5: Contenidos de los principales cationes y aniones solubles, presentes en los sectores del Vertedero Experimental del Limache. (Prado et al 1988).

	K*	Na*	Ca*	Mg*	CO ₃ ·	HCO ₃	Cl·	SO ₄ ·	NO ₃	E	E
Sector 4 años											
0 - 20 cm	0.77	3.25	3.90	5.74	0	5.78	3.71	5.40	0	13.67	14.89
20 - 40 cm	0.92	9.03	33.77	13.23	0.65	9.65	16.19	5.0	0.74	56.95	27.23
Sector 3 años											
0 - 20 cm	0.05	1.59	6.50	7.24	0	4.58	3.43	7.40	0	15.38	15.41
20 - 40 cm	0.11	3.04	7.53	14.88	0	14.28	1.43	9.76	0	25.56	25.47
Sector 2 años											
0 - 20 cm	0.07	3.64	10.91	4.61	0.55	5.94	8.19	3.61	0	19.23	18.59
20 - 40 cm	0.12	8.03	6.24	7.17	1.09	6.16	9.52	5.80		21.56	22.57
Sector 1 año											
0 - 20 cm	0.68	8.83	14.55	13.89	0.76	6.98	20.19	9.88	0.07	37.95	37.88
20 - 40 cm	21.77	44.66	33.77	37.33	1.96	29.32	39.05	38.00	5.59	137.53	113.92

Fuente: *Elaboración propia.*

En general, puede apreciarse que los sectores correspondientes a material de relleno con 3 y 2 años de antigüedad presentan tenores normales de cationes y aniones en la solución, y con un equilibrio entre ellos. Los contenidos más altos, corresponden a Ca y Mg dentro de los cationes y bicarbonatos, cloruros y sulfatos dentro de los aniones.

En el sector de 4 años, se evidencia la contaminación por el escurrimiento de lixiviados del sector más alto, especialmente por enriquecimiento de Sodio y Calcio en los cationes, y bicarbonato y cloruros en los aniones. Es importante señalar, que en este sector no se obtuvo equilibrio entre cationes y aniones a la profundidad de 20 a 40 cm, lo cual indicaría que entre los lixiviados se encontraban otros aniones no analizados en este trabajo, como podrían ser en forma de S, Cl, F, B, Mo, etc. En el sector de 1 año, se aprecia un alza marcada en los contenidos de cationes y aniones presente entre los 20 y 40 cm de profundidad, observándose también un desbalance entre ellos debido probablemente a las razones anteriores expuestas.

- Evolución de la vegetación introducida en el Vertedero Experimental de Limache

- a) Evaluación del número de árboles por especie

Con el fin de evaluar la adaptación de especies a las condiciones del vertedero se realizaron observaciones periódicas sobre la condición que estas presentaban. De estas observaciones se han seleccionado 4 fechas representativas con el objeto de demostrar la sobrevivencia de las especies bajo estudio. Sólo las especies Alcaparra y Ligustro lograron una sobrevivencia del 100% de los individuos para las cuatro condiciones evaluadas. Este comportamiento permite suponer que las especies señaladas presentan una buena adaptación a condiciones adversas propias de un relleno sanitario.

Las especies Ciprés (arbórea) y Atriplex (arbustiva) presentaron una alta sobrevivencia en todos los sectores del relleno sanitario. El hecho de que estas especies no alcanzaran una sobrevivencia del 100% podría atribuirse a la heterogeneidad del sustrato y no necesariamente a una menor resistencia a condiciones desfavorables propias del vertedero.

Las especies Pimiento, Pino Insigne, Pitosporo y Ligustrina lograron sobrevivir prácticamente en un 100% en los sectores con relleno de 4, 3 y 2 años de antigüedad. Sin embargo en el sector con relleno de un año la mortalidad fue casi total. Este comportamiento, podría deberse a una mayor susceptibilidad de estas especies a las condiciones adversas que se generan en los procesos de descomposición de los residuos urbanos como serían: un alto nivel de CO₂, alta concentración de gas metano y elevados niveles de elementos químicos entre otros. El Quillay presentó un comportamiento errático a través del tiempo, toda vez que en ninguno de los sectores estudiados mantuvo la población inicial de individuos.

Mención especial merece la especie Aromo azul, la cual se comportó en excelentes condiciones en los sectores de 4, 3 y 1 año de antigüedad, no así en el sector de 2 años. Este comportamiento podría ser atribuido a una condición local altamente desfavorable mayor aún a la presentada por el sector de 1 año.

- b) Evaluación del crecimiento de las especies a través del largo y número de brotes.

En todos los sitios estudiados las especies presentaron crecimiento de brotes, con la sola excepción del Atriplex que en los sectores de 2 y 1 año donde no manifestó crecimiento. La especie Pino Insigne, Pimiento, Quillay y Atriplex lograron un mayor desarrollo en el sector más antiguo del vertedero (4 años), el cual disminuyó progresivamente al disminuir la edad del relleno.

Las especies Ciprés, Pitosporo, Casuarina, Alcaparra, Aromo Azul y Ligustro presentaron un crecimiento superior en el sector de los 3 años, comparado con aquel obtenido en el relleno de 4 años de antigüedad. Sin embargo, en las especies Aromo Azul y Ligustro el crecimiento fue marcadamente superior, alcanzando un incremento de un 30%.

La Alcaparra fue la única especie que tuvo un comportamiento diferente al presentar la menor tasa de crecimiento en el sector de 4 años y la mayor en el sector de 2 años, la cual fue 2.7 veces mayor, condición no alcanzada por ninguna otra especie en los sectores estudiados.

- c) Evaluación del número de Brotes,

En relación al número de brotes, las especies Pino Insigne, Ciprés; Pimiento, Casuarina y Alcaparra desarrollaron un mayor número de brotes en el sector de 4 años de antigüedad, disminuyendo este a medida que el relleno era más joven. Las especies Quillay, Atriplex, Ligustro y Aromo Azul desarrollaron en el sector de 3 años un mayor número de brotes, en tanto que la especie Pitosporo mantuvo un número de brotes similar en los rellenos de 4, 3 y 2 años, disminuyendo estos en el sector de 1 año. El Aromo Azul fue la única especie capaz de mantener en el sector con relleno de 1 año de antigüedad, una brotación similar a la de los sectores más antiguos y por lo tanto de condiciones más favorables.

Por otro lado, una interesante experiencia internacional muy semejante a la realizada por la Universidad Católica de Valparaíso, es la reportada por Ballardini, P. (1995) en Italia trabajando con más de 21 especies, determinó que las especies *Acer negundo*, *Alnus cordata*, *Ostrya carpinifolia*, *Quercus rubra* y *Robinia pseudoacacia* presentaron una sobrevivencia del 100% después de 4 años de evaluación. Así mismo las especies *Ulmus campestris*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus ornus* y *Juglans regia* presentaron altos niveles de sobrevivencia de los árboles los que superaron el 70%. En la tabla 6 se presentan los principales resultados obtenidos en esta investigación.

TABLA 6: Especies estudiadas en un relleno sanitario en Italia.

FREC.	% PERMANEN. DE LA PRIMERA PLANTACION	ESPECIES	DIAM.	ALTURA	EVALUAC. DEL CRECIMIENTO	ESTETICA DEL VALLE
233	58	Acer campestre	3	2.00	0.896	2
23	100	Acer negundo	10	5.97	7.890	3
337	43	Acer pseudo platanus	2	1.86	0.397	1
39	72	Alnus glutinosa	7	3.69	5.098	2
72	100	Alnus cordata	6	3.30	3.328	3
75	69	Betula alba	5	2.95	2.644	3
36	22	Carpinus betulus	4	2.49	1.652	2
282	71	Fraxinus excelsior	3	2.58	0.666	2
376	58	Fraxinus ornus	3	1.96	0.725	2
43	72	Juglans regia	3	1.94	0.937	2
23	100	Ostrya carpinifolia	5	3.07	3.967	2
91	49	Pinus sylvestris	5	1.76	1.134	3
75	0	Populus nigra	3	2.43	0.342	1
31	0	Prunus avium	2	1.79	0.474	1
92	0	Quercus cerris	1	1.06	0.076	1
218	53	Quercus petrea	3	1.84	1.055	2
469	60	Quercus robur	3	2.06	1.055	2
78	100	Quercus rubra	4	2.94	2.471	3
151	100	Robinia pseudoacacia	12	6.97	14.302	2
23	30	Salix alba	5	3.55	0.984	2
815	87	Ulmus campestris	8	4.17	6.605	3
70		Otras				

Fuente: Ballardini 1995

En relación al crecimiento, los autores reportan que las especies Quercus rubra, Alnus cordata y Robinia pseudoacacia presentaron un buen desarrollo durante la última temporada. Sin embargo estas especies tuvieron un menor crecimiento que sus controles desarrollados fuera del vertedero.

OTRAS EXPERIENCIAS NACIONALES

Adicionalmente a los casos anteriores, existen otras experiencias a nivel nacional que se pueden destacar en los últimos años. La primera de ellas ha sido realizada en forma muy modesta en el vertedero de la localidad de Papudo, donde a modo experimental se ha forestado con eucaliptos, sin prácticamente nada de mantención y en condiciones de aridez, siendo muy altos los resultados alcanzados de sobrevivencia de las especies.

Una segunda experiencia de gran importancia y que ha formado parte de un proyecto previamente definido de reinscripción, corresponde al relleno sanitario Lo Errázuriz. En este caso el programa de recuperación del área, es una actividad que se ha ido desarrollando por tramos, paralelamente con el avance que ha experimentado la obra, lo que ha permitido identificar dos etapas. La primera corresponde a las faenas que se ejecutaron durante la operación del relleno sanitario, e incluye la construcción de 7 hectáreas de áreas verdes cercanas a las instalaciones de oficinas y la creación de 3 hectáreas de parque. La segunda, corresponde al programa de recuperación que se implementará en la zona que comprende los lugares de disposición final, utilizados al final de la fase de explotación. La primera etapa de la recuperación del área se trabajó como un parque más, ya que a los inicios del año 1987 se carecía de antecedentes para aplicar un criterio de selección de las especies a utilizar. El criterio vegetal de ese entonces consideraba especies arbóreas y arbustivas similares a las existencias en cualquier parque urbano, dándole mayor énfasis a especies autóctonas. La cantidad utilizada fue de 500 árboles y 300 arbustos (alrededor de 60 especies), la mayoría de las cuales si han logrado sobrevivir, son especies únicas.

En la medida que se fueron ejecutando las siguientes fases de la primera etapa del parque (en total se han efectuado tres), se ha logrado acumular experiencia en torno a las especies que presentan una mejor respuesta a las condiciones del medio, lográndose

en cada fase una disminución de las especies secas. Todo esto gracias a un criterio vegetacional que apunta a la sobresaturación de pocas especies considerando que éstas tienen que ser las Pioneras en un proyecto - parque.

En general, las especies con mejor desarrollo son:

- Eucalyptus globulus, Eucalipto.
- Parquinsonia aculeata, Parquinsonia.
- Gazania, sp.
- Fraxinus exelsior
- Acacia saligna, Aromo.
- Robinia pseudoacacia, Acacio.
- Rosa sp, Rosa.
- Schinus molle, pimienta
- Acacia caven, Espino.
- Mesembryanthemum sp., Rayo de sol.
- Acer negundo
- Liquidambar styraciflua.

Pastos:

- Festuca, sp., Trifolium, sp. y Cynodon.

Un tercer caso digno de estudio es el antiguo relleno sanitario **La Feria**, uno de los mejores ejemplos tanto en el ámbito nacional como iberoamericano, de sellado y inserción de grandes rellenos sanitarios abandonados. En él, se recibió la mayoría del vertido de los residuos sólidos de la ciudad de Santiago, entre 1977 y 1984, siendo abandonado a fines de los años ochenta. Desde su clausura hasta el año 1993, el relleno en abierta situación de abandono, se constituyó en una zona ubicada en el centro de un área poblacional, generando un gran impacto negativo debido principalmente a su condición de lugar clandestino de acopio de residuos, foco de insalubridad y centro de acciones delictuales. Dentro del programa de Forestación Urbana, el MINVU a través de su unidad ejecutora, el SERVIU Metropolitano, contrató en 1993 a la U.C.V. para el desarrollo del proyecto de sellado y inserción a parque. Actualmente, el proyecto de inserción en su primera etapa ha finalizado dando paso a un gran parque de 11,7 Há, el que ha sido denominado Parque André Jarlan. A diferencia del caso de Lo Errázuriz, en este relleno no se disponía de suficientes datos de terreno (características de los materiales, generación de biogás, asientos del terreno, etc.) a la hora de planear su inserción y no se contó con la posibilidad de realizar acciones de sellado y inserción a medida que avanzaba la operación.

Actualmente el Parque André Jarlan a cargo de la Unidad de Parques Urbanos del Parque Metropolitano, se mantiene en uso generando un gran beneficio a la calidad de vida de un gran sector poblacional del área sur-poniente de Santiago. En él se han implantado las especies enumeradas en la Tabla 7, las que han presentado un comportamiento variado, desde *Phytolacca dioica* (ombú) con un 63% de los árboles plantados secos hasta *Washingtonia robusta* (palmera) con solo un 3% de ejemplares muertos, este último de un total de 30 plantados.

Sin embargo se ha observado también una adaptación y crecimiento normal de las siguientes especies: *Eucalyptus cordata*, platano oriental, *Phormium tenax* (pita), Laurel de flor, *Malus baccata* (Manzano de flor), Vilca, *Crataegus*, Alamo común, *Hipericum* (cubresuelo), *Arctothis* (Cubresuelo), Lirio, *Festuca glauca* (Cubresuelo), Rosas y Ligustro.

Las especies vegetales nombradas, se han adaptado adecuadamente a pesar de las condiciones adversas del lugar, lo que hace más interesantes aún estos resultados. El parque mantiene también, una amplia infraestructura de servicios recreacionales para el público en general, siendo un lugar grato de esparcimiento.

Los factores que han atentado contra algunas especies ubicadas en determinados sectores del parque, son entre otras:

El drenaje de las aguas superficiales hacia las calles aledaña en las zonas bajas y llanas del Parque, no ha sido adecuado debido a la variación en las pendientes del terreno, que se ha producido por los asentamientos que sufre en forma natural el relleno de residuos sólidos.

Debido a la heterogeneidad y granulometría de los residuos, especialmente aquellos de la construcción que están depositados, es posible que existan zonas en las cuales el gas no migre a través de las chimeneas de drenaje y por tanto fluya por áreas en las que pueda afectar algunas especies vegetales.

En el caso de las especies arbóreas que estén en áreas cercanas a alguna chimenea de drenaje de biogás, la temperatura de combustión del mismo, y las emisiones de gas, han afectado la vida de estas especies.

Para las siguientes etapas de construcción del parque, los autores han recomendado, entre otras consideraciones, tomar en cuenta los siguientes aspectos que han sido observados en la primera etapa de construcción:

Algunas especies implantadas en zonas en las que el suelo se satura con facilidad, ya sea por riego o por precipitaciones, no se han consolidado posiblemente por falta de oxígeno en las raíces.

- Algunas especies no han tenido un adecuado desarrollo debido a que precisan un mayor volumen de suelo de calidad para el desarrollo radicular. A este factor se debe agregar condicionantes como la heterogeneidad en calidad y tamaño de los materiales dispuestos como escombros o lodos, que presentan condiciones agresivas para el desarrollo radicular.

En algunos casos puede que la calidad del agua de riego afecte el desarrollo de algunas especies. Esta nueva variable debe ser investigada a la brevedad en la etapa de monitoreo del futuro Parque.

La aplicación excesiva de fertilizantes podría estar afectando el desarrollo de algunas especies

- Es posible que se conjuguen algunas de las causas antes expuestas y dificulten el desarrollo de algunas especies

TABLA 7: Comportamiento de las especies desarrolladas en el Parque La Feria.

ESPECIE	TOTAL SP	SP SECAS	% SECOS
Platanus acerifolia (plátano oriental)	260	22	8
Cupressus sempervirens (ciprés)	27	7	26
Ailanthus altissima	33	24	72
Washingtonia robusta (palmera)	30	1	3
Erythrina umbrosa (ceibo)	9	1	11
Phytolacca dioica (ombú)	11	5	45
Quercus palustris (encino)	11	7	63
Quercus borealis (encino)	7	2	28
Cryptocarya alba (peumo)	20	4	20
Quillaja saponaria (quillay)	16	6	37
Beilschmiedia miersii (belloto)	20	5	25
Maytenus boaria (maitén)	56	6	11
Phoenix canariensis (palmera)	28	1	3
Celtis australis (almez)	30	11	37
Acer negundo (arce)	36	7	19
Eucalyptus ficifolia	79	9	12
Eucalyptus cordata	27	5	19
Koeleruteria paniculata	41	31	75
Malus baccata (manzano)	28	2	7
Schinus molle (pimiento)	40	5	12
Lagerstroemia indica (crespón)	139	43	31

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSION

Los terrenos ocupados inicialmente en operaciones de vertido de residuos sólidos, una vez reinsertados pueden ofrecer valiosas ventajas a la ciudad, ya que como hemos visto se pueden dedicar a muchas aplicaciones como, parques, campos de deportes, estacionamientos de vehículos, el emplazamiento de edificaciones industriales y comerciales, entre otras. Sin embargo, la utilización posterior que se de al relleno sanitario debe estar condicionada por su entorno y hasta cierto punto, por el grado de asentamiento y por la estabilidad a que ha llegado el proceso de degradación de los desechos.

En este artículo se han presentado algunos criterios adoptados en experiencias tanto nacionales como internacionales, de recuperación destinados a usos agrícolas y forestales, con el propósito de ilustrar lo esencial de un desarrollo metodológico de este tipo de proyectos y su proyección. Otras publicaciones de estos autores se han referido a experiencias de reinsertación destinadas a usos recreacionales o como apoyo de edificaciones.

Como conclusión general se puede establecer que en las experiencias chilenas, algunas de las cuales han sido desarrolladas por estos autores, se han determinado nuevas especies vegetales no reportadas en la literatura, que presentan adecuados crecimientos en condiciones adversas como son los vertederos sanitarios. Además se han desarrollado adecuadamente algunas especies similares a aquellas reportadas por investigaciones extranjeras.

BIBLIOGRAFIA:

BALLARDINI, P. 1995. The Environmental Regeneration of Landfill Site: Inventory Of The Arboreal Patrimony. Sardinia, 95 Fifth International Landfill Symposium. S Margherita di Pula, Cagliari Italia, 2-6 October.

COMISION DE COMUNIDADES EUROPEAS 1992 Landfill gas from environment to energy. EUR 14017. Commission of the European Communities, 1992, Luxembourg.

DOBSON, M.C. AND MOFFAT, A.J. 1995. A Re-Evaluation of objections to tree planting on contamination landfills. Waste Management and Research p.579-600.

DUANE, F. (1972): Golf Course from Garbage. The American city.

FABRIS (1995) The Architectural and Landscaping Aspect in Landfill Planning: Examples in Italy. Sardinia 95 Fifth International fill Symposium. S Margherita di Pula, Cagliari Italia, 2-6 October.

GILMAN, E.; FLOWER, F.B.; LEONE, I.A.; ARTHUR, J.J. (1979): Vegetation Growth in Landfill Envirous. Proceeding of the Fifth anual. Research Symposium Municipal waste land disposal.

GIORDANO, P.M.; MAYS, D.A. (1981): Plants nutiients from Municipal sewage. Ind. Eng. drem Prod. Res. Dev.

GRANTHAM, G., AND YOUNG, P 1993 Practical Experience in Landfill Remediation. Sardinia, 93 Fourth International Landfill Symposium. S Margherita di Pula, Cagliari Italia, 11-15 October

LA MARCA, O., SANESI, G., AND GAMBI, L. 1995. Study of the Vegetation in Landfill Restoration Project First Result Sardinia, 95 Fifth International Landfill Symposium. S Margherita di Pula, Cagliari Italia, 2-6 October

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y CALIDAD DE VIDA DE FRANCIA (1985): Les Residus Urbains, Ed. Lavoisier, Francia.

PRADO, O., OLAETA, J., ESPINACE, R. Y SZANTO, M. 1988. Comportamiento preliminar de algunas especies vegetales en un relleno sanitario controlado I. Evolución de la vegetación natural.. Revista Técnica Medio Ambiente (RETEMA). Septiembre-October.

PRADO, O., OLAETA, J., ESPINACE, R. Y SZANTO, M. 1988. Comportamiento preliminar de algunas especies vegetales en un relleno sanitario controlado II. Evolución de la vegetación introducida. Revista Técnica Medio Ambiente (RETEMA). Septiembre-October.

PURVES, D.; MACKENZIE, E.J. (1974): Phytotoxicity due to boron in municipal compost

SAARELA, J. (1991) Landscaping Aspects of Sanitary Landfills in Finland. Sardinia, 91 Third International Landfill Symposium. S Margherita di Pula, Cagliari Italia, 18 October.

TRELLEZ, R. (1976): Aspectos sobre la selección, implantación y mantenimiento del tapiz de cobertura de reltenos sanitarios. Facultad de Ingenieria, Universidad de Buenos Aires.