



Universidad
Católica del Norte

N°5
2020

Programa de Mejoramiento
Institucional en Recursos Hídricos

BOLETÍN VIGILANCIA TECNOLÓGICA

AVANCES EN SISTEMAS DE COMPOSTAJE PARA EL
TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS



Dirección de Innovación y
Transferencia Tecnológica

Vigilancia Tecnológica ¿Qué es?



La vigilancia tecnológica (VT) es una de las herramientas de los sistemas de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (I+D+i), esta herramienta de manera sistemática detecta, analiza, difunde, comunica y explota las informaciones técnicas útiles para la organización, su propósito es alertar sobre las innovaciones científicas y técnicas susceptibles de crear oportunidades y amenazas para la misma. (UNE 166006 EX, 2006).

A nivel mundial la VT es una herramienta muy utilizada por organizaciones independientes, privadas y/o estatales que dentro de su funcionamiento tengan integrado un sistema de gestión I+D+i y/o realicen proyectos de I+D+i.

Programa de Mejoramiento Institucional en Recursos Hídricos UCN 1795

El Programa de Mejoramiento Institucional PMI en Recursos Hídricos 1795 busca dar continuidad y sustentabilidad en el tiempo a los Programas priorizados por el PMI UCN1302, consolidando competencias y capacidades en torno a un recurso estratégico, como lo es el recurso hídrico en la Región de Antofagasta.

La propuesta de trabajo se orienta a fortalecer la articulación académica y la vinculación con el medio, trabajando articuladamente con la industria y los servicios públicos, con la finalidad de fortalecer las líneas de investigación en recursos hídricos, a través del desarrollo de I+D+i y la formación de cursos de capacitación y postgrado.

Índice de Contenidos

Introducción.....	3
Publicaciones científicas.....	5
Patentes.....	8
Patentes en Chile.....	13
Referencias.....	14

Avances en sistemas de compostaje para tratamiento de residuos orgánicos.

El primer reporte sobre manejo de residuos sólidos en Chile del año 2010 a nivel nacional, indica que el 53,3% de los residuos sólidos municipales (RSM) corresponden a basura orgánica. Durante ese mismo año, la Universidad Católica del Norte, a través del Centro de Mejoramiento Integral de la Construcción CEMIC, en colaboración con la empresa KMD, analizaron residuos sólidos domiciliarios (RSD) de la ciudad Antofagasta, concluyendo que el 30% corresponden a restos vegetales y/o animales (basura orgánica).

Los residuos orgánicos están compuestos por agua y carbono principalmente, los cuales pueden ser tratados por métodos aeróbicos como compostaje y lombricultura, o anaeróbicos, como biodigestión o elaboración de biochar mediante pirolisis, como los más comunes. En países como China han emergido tecnologías más sofisticadas como la digestión anaeróbica termofílica asistida con vacío, acuaponía extendida, residuos aceitosos para producción de biodiesel vía glicerólisis y conversión termoquímica asistida por microondas, las cuales se pueden encadenar simultáneamente en un esquema de biorrefinación de residuos orgánicos, generando, al igual que los métodos mencionados anteriormente, abonos orgánicos, fertilizantes, productos químicos, energía en forma de biogás, biodiesel y bio-aceites (Chen *et al.*, 2018).

Los abonos pueden ser ocupados para mejorar la estructura del suelo, permeabilidad, porosidad y por consecuencia su capacidad de retención de agua (Tejada *et al.*, 2006).

Por otra parte, algunos abonos orgánicos pueden contribuir en la remediación de suelos contaminados por “elementos traza metálicos” o “metales pesados”, mediante la formación de complejos, absorción y/o precipitación de estos (Park *et al.*, 2011). Por esta razón, se ha evaluado a escala de laboratorio el potencial de remediación de suelos contaminados aplicando compost u otro tipo de abono.

Considerando que la Región de Antofagasta se caracteriza por presentar suelos pobres en material orgánica, con alto contenido de sales (Luzio *et al.*, 2010), además de depender en gran medida de las frutas y verduras provenientes de otras regiones, es que se hace fundamental aprovechar el potencial que tienen los RSD orgánicos con los objetivos de disminuir la emisión de basura a vertederos o rellenos sanitarios, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero (Saraiva *et al.*, 2016) y capturar carbono, como una forma de adaptación al cambio climático, mejorar suelos en zonas urbanas y rurales, tanto para la generación de áreas verdes, como para la producción de alimentos y evaluar procesos de remediación de suelos contaminados utilizando abono orgánico.

En cuanto a los avances en el proceso de compostaje, en Australia se ha adicionado biochar a la pila de residuos alimenticios, obteniendo como resultado una reducción en el tiempo de degradación de estos y una mejora en la calidad del compost, como producto final (Kaudal y Weatherley, 2019).

En Pakistán, se ha mezclado residuos alimenticios con zeolita, aprovechando su porosidad, tamaño de partícula y capacidad de intercambio catiónico, para reducir las emisiones de formas nitrogenadas hacia la atmósfera y obtener un abono con mayor concentración de amonio y nitrato, controlar las disminuciones de pH durante el proceso de descomposición, obteniendo así un producto final de mayor estabilidad y mejor contenido nutricional (Waqas *et al.*, 2019).

También en China, se han inoculado grupos de microorganismos (CAMC¹) que optimizan tanto la descomposición de residuos en climas fríos, como también promueven la proliferación de otras cepas que son relevantes para la degradación de carbohidratos hidrolizables, lípidos y proteínas (Xie *et al.*, 2017). Así mismo, se han aplicado actinomicetes termofílicos, en diferentes fases del proceso de compostaje, para mejorar la degradación de compuestos ricos en celulosa, estimular una mayor cantidad de sustancias húmicas en el compost resultante y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (Zhao *et al.*, 2017).

A partir de un análisis en la plataforma Scopus de Elsevier, la tendencia muestra que, a partir del año 2015, ha aumentado el número de publicaciones asociadas a la optimización o desarrollo de nuevas tecnologías en compostaje, observándose una disminución durante el 2019 con respecto al año 2018 (Ver figura 1).

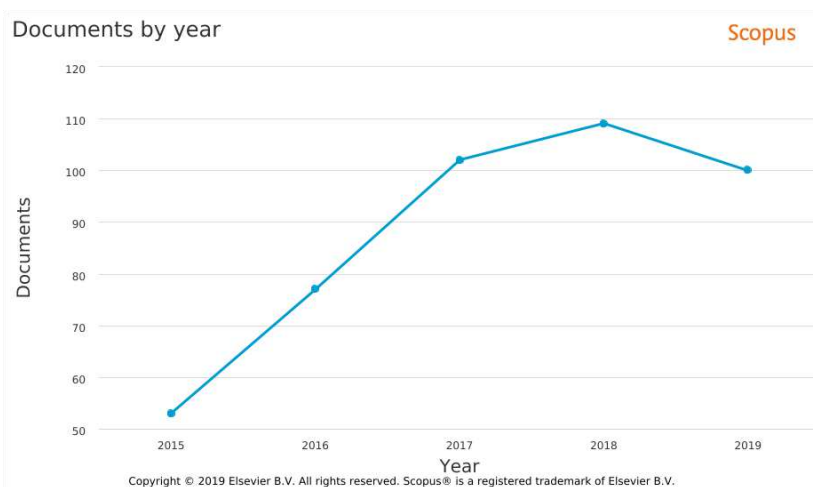


Figura 1. Publicaciones científicas relacionadas con tecnologías en compostaje y residuos orgánicos por año (2015 - 2019).

En relación a los países que lideran el número de publicaciones acerca de este tema, China se posiciona en el primer lugar con 96 publicaciones entre 2015 y 2019, le siguen India, Estados Unidos, España, Italia, Malasia, Indonesia, Canadá, Brasil y Australia (Ver figura 2).

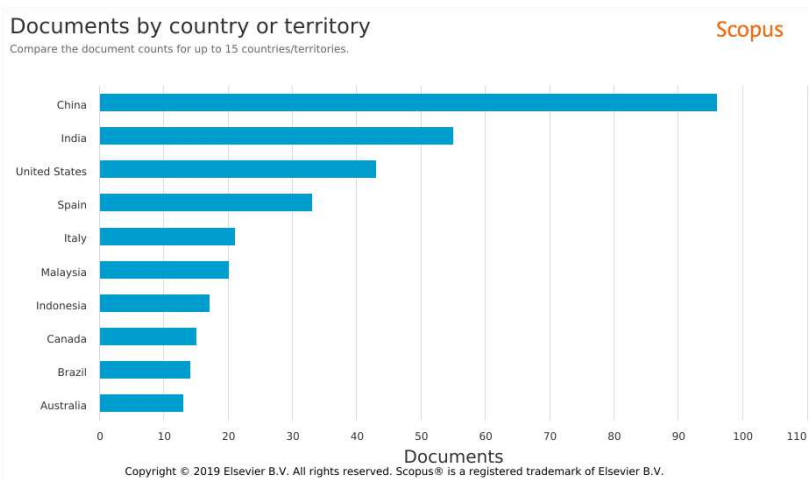


Figura 2. Publicaciones científicas relacionadas con tecnologías en compostaje y residuos orgánicos (2015 - 2019).

¹ Cold adapted microbial consortium (CAMC)

Efectividad agronómica de biochar urbano degradado a través del co-compostaje de residuos de alimentos (Publicado en septiembre de 2018)

Se ha mostrado que los suelos *terra preta* se desarrollan después de considerables modificaciones mediante la adición de una especie de carbón y el efecto de factores ambientales durante largos periodos de tiempo, aumentando la fertilidad del suelo. Se efectuó un experimento para acelerar la degradación de un Biochar Urbano (UB) de forma artificial, con el propósito de obtener resultados similares a los suelos *terra preta*. El UB se produjo mediante una pirólisis con una proporción de 2:1 entre biosólidos y residuos verdes, para luego compostarlo con residuos de alimentos al 10% (v/v) hasta alcanzar la madurez del compost en 75 días, aproximadamente. La adición de 10% de UB aceleró el proceso de compostaje de los residuos de alimentos. Las mediciones realizadas desde las bolsas donde se almacenaron muestras de UB que fueron compostadas, mostraron un aumento de la CIC, pH, CE y niveles de nitrógeno. Sin embargo, el proceso de compostaje redujo la superficie específica y la porosidad del UB, debido probablemente a la obstrucción de poros por la liberación de partículas orgánicas del proceso de compostaje. El valor agronómico del UB, UB co-compostado con residuos alimenticios y el compostaje de estos por si solos, fue evaluado en macetas bajo invernadero con plantas de sorgo en suelos ácidos arenosos de estratas superficiales. Los resultados de estos ensayos mostraron un gran crecimiento vegetal, bajas emisiones de N_2O y alta eficiencia en el uso del nitrógeno en el suelo abonado con UB, respecto al resto de las enmiendas.

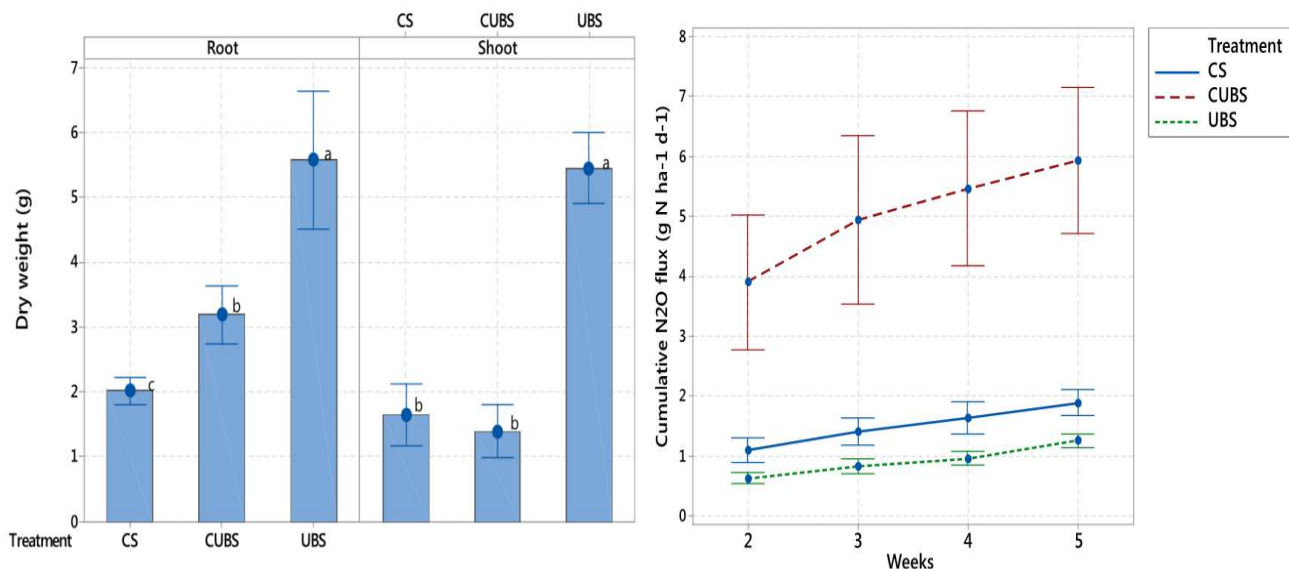


Figura 3. Peso seco de raíces y brotes de sorgo con un periodo de crecimiento de 7 semanas con los tratamientos indicados. UBS: suelo + 10% Biochar urbano; CUBS: suelo + 10% biochar urbano y compost; CS: suelo + compost. Para comparaciones entre tratamientos en cada panel, los valores son significativamente diferentes ($p < 0,05$) si no comparten letras comunes.

El potencial no explotado de zeolitas en la optimización del compostaje de residuos de alimentos (Publicado en abril de 2019)

Este estudio tuvo el objetivo de examinar el efecto de zeolitas en la optimización del proceso de compostaje de residuos de alimentos. Un método denominado *hidrotermal secuencial* fue utilizado para modificar zeolitas naturales y aplicarlas en un bioreactor de compostaje. Las zeolitas naturales y modificadas fueron incorporadas en 10 y 15% (p/p) en relación a la masa total de residuos, comparándose con un tratamiento control sin zeolitas. Ambos estados de zeolitas afectan en el proceso de compostaje, pero se observaron notables resultados con zeolitas modificadas (15%), alcanzando mayor estabilidad en los parámetros del compost, una fase termofílica más rápida a largo plazo y una reducción en el contenido de humedad respecto a los niveles óptimos. Además, se registró un aumento en las concentraciones totales de NH_4^+ y NO_3^- con zeolitas modificadas, en un 11,1 y 21,5%, respectivamente, en comparación con zeolitas naturales. La estabilidad del compost respecto al contenido de humedad (MC), conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), carbono total (CT), nitrógeno mineral, índice de nitrificación (IN) e índice de germinación (IG) fueron logrados después de 60 días de compostaje, estando acorde con los estándares internacionales de calidad de compost. Este estudio concluye que es factible incorporar zeolitas modificadas al 15% respecto al total de residuos para generar un compost más estable y rico en nutrientes.

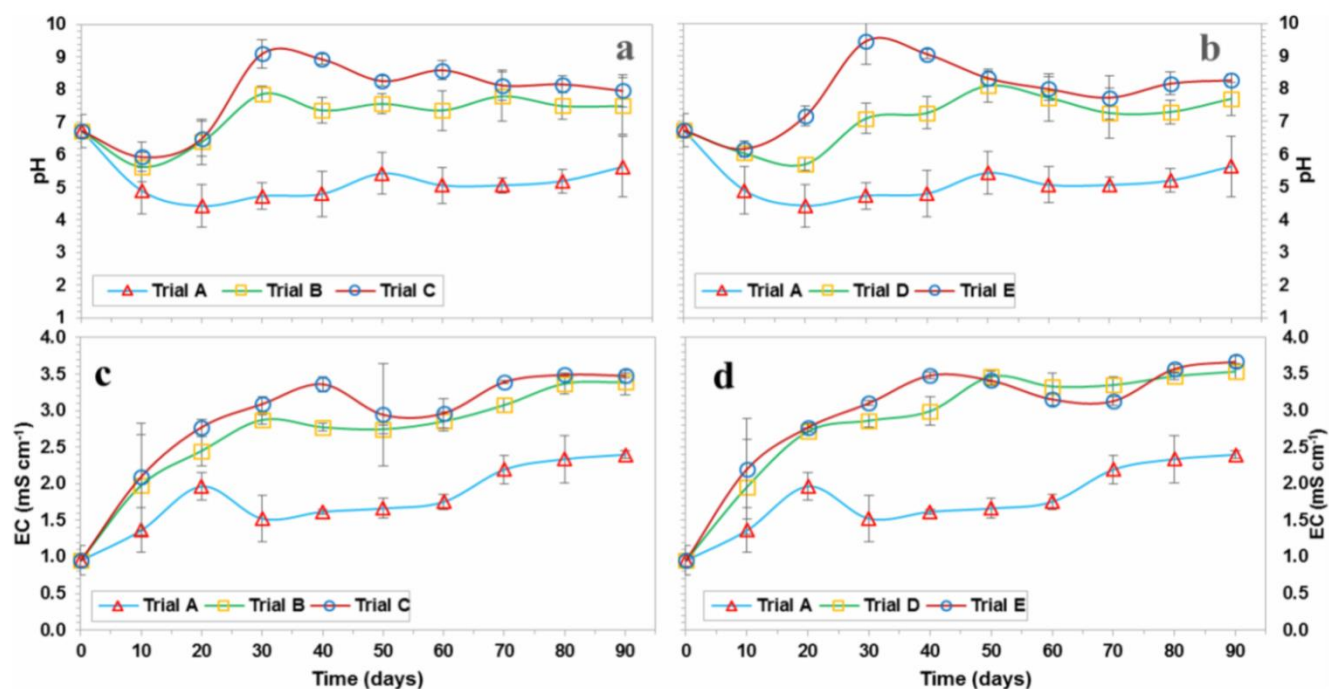


Figura 4. Variación de pH y CE durante el compostaje de residuos alimenticios. Tratamientos A: sin adición de zeolita; B: 10% de zeolita natural; C: 15% de zeolita natural; D: 10% de zeolita modificada; E: 15% de zeolita modificada.

Un novedoso método para contribuir en la implementación de compostaje a bajas temperaturas mediante la inoculación de consorcios microbianos adaptados a ambientes fríos. (Publicado en abril 2017)

Los climas con bajas temperaturas se presentan como un desafío técnico para la implementación de sistemas de compostajes en la región norte de China. Este estudio investigó si el consorcio de microorganismos adaptados a ambientes fríos (CAMC) podrían facilitar el proceso de compostaje. En este trabajo, el CAMC fue inoculado cuando los residuos de alimentos fueron compostados a 10 °C. Los resultados mostraron que la inoculación con CAMC aceleró la temperatura en las pilas, estas pasaron por el periodo de arranque durante 37 horas. Además, los inoculantes podrían mejorar la abundancia de sepas dominantes relacionadas con la tasa degradación de materia orgánica. El análisis de redundancia (RDA), indicó que las relaciones entre bacterias indígenas, degradación de sustratos orgánicos y evolución de la temperatura fueron influenciadas por los inoculantes. También, el valor de generación de calor y la tasa de degradación de carbohidratos hidrolizables, lípidos y proteínas mejoraron significativamente con inoculación de CAMC. Este trabajo demostró que la inoculación con CAMC fue beneficioso para el auto-calentamiento del compostaje, a partir de este novedoso soporte biotecnológico para asegurar la normal implementación de sistemas de compostaje durante estaciones fría o invernales.

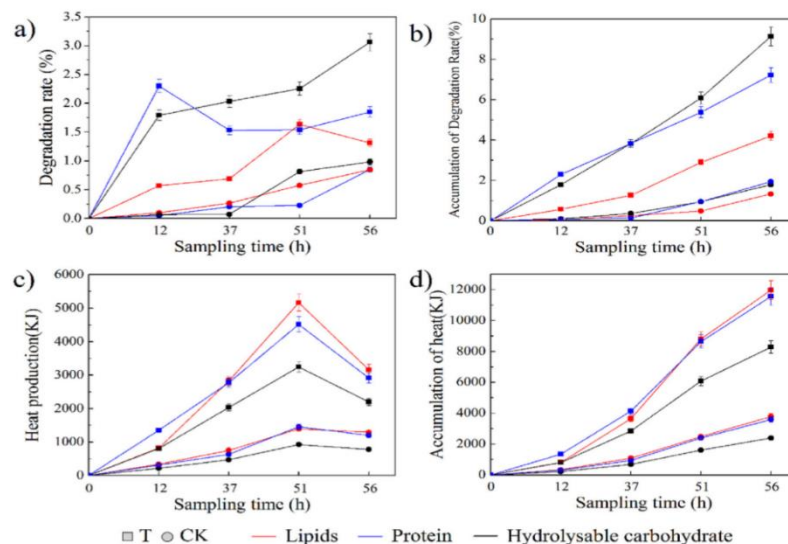


Figura 5. Cambios y acumulación en la tasa de degradación de proteínas, carbohidratos hidrolizables, lípidos y producción de calor en diferentes tratamientos durante el compostaje. (a) Degradación de proteínas, carbohidratos hidrolizables, lípidos; (b) Acumulación de la tasa de degradación de proteínas carbohidratos hidrolizables, lípidos; (c) Producción de calor mediante degradación de proteínas, carbohidratos hidrolizables, lípidos; (d) Acumulación de producción de calor. Todos los valores representan promedios con una desviación estándar (n=3).

Patentes

Patentes sobre tecnologías asociadas a la optimización y mejoramiento del proceso de compostaje como método para el tratamiento de residuos orgánicos.

La búsqueda de patentes relacionadas con mejoras en el proceso de compostaje, se realizó en la base de datos de Patentscope de World Intellectual Property Organization WIPO, considerando las patentes publicadas entre 2015 y 2019.

Los países que han liderado la obtención de patentes durante el último tiempo, han sido China, Estados Unidos, PCT y Australia. Se destaca la presencia de Argentina como representante de Sudamérica.

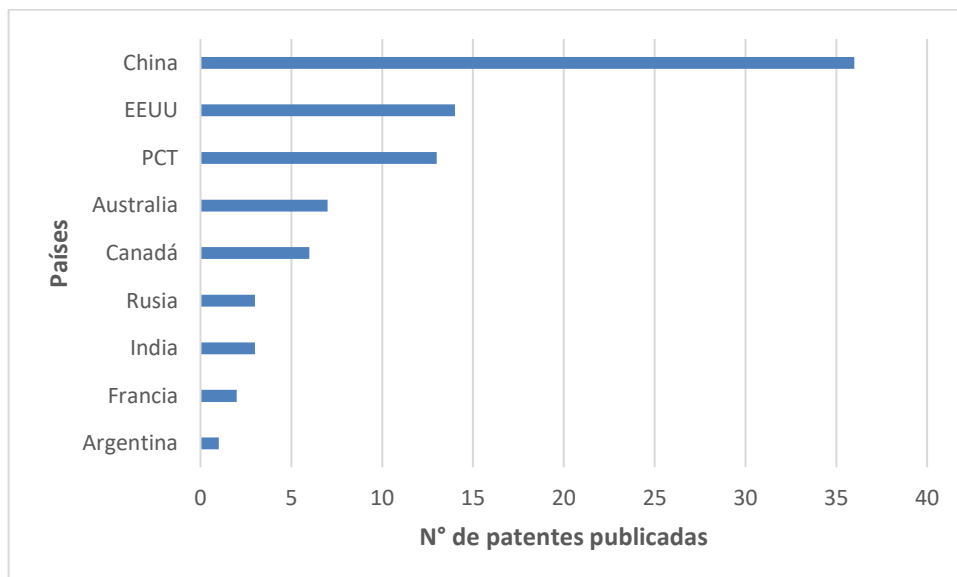


Figura 6. Número de patentes publicadas por país solicitante (2008 - 2018).

Patentes

Entre el periodo de 2015 y 2019 se publicaron 31 patentes en tecnologías asociadas al proceso de compostaje, relacionadas con optimización, infraestructura y mecanización. Desde 2016 a 2017, hubo un aumento significativo de inventos patentados, siendo este último año el con mayores obtenciones durante este periodo. Durante 2018 en adelante, se observa una disminución hasta la fecha.

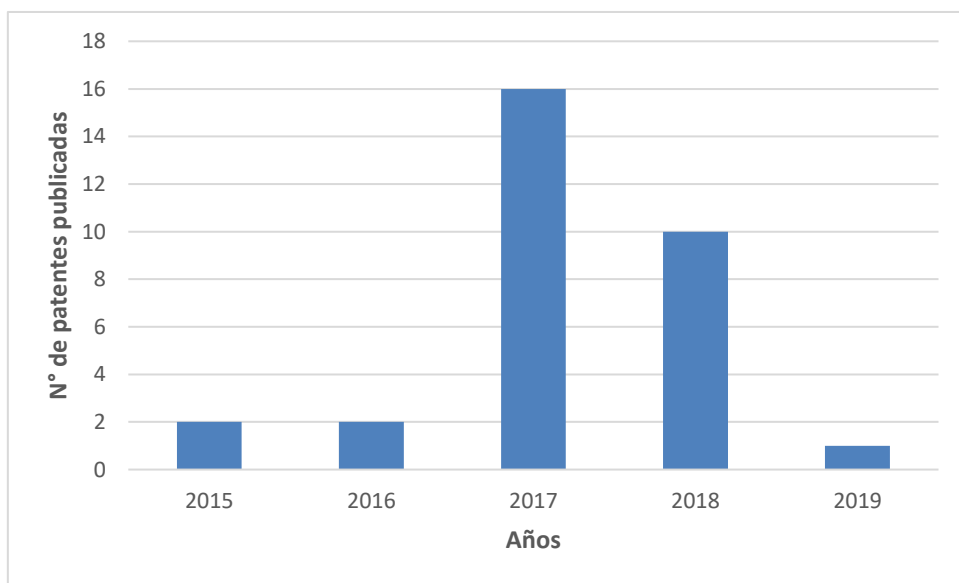


Figura 7. Número de patentes publicadas por año.

Patentes

Sistema de compostaje para grandes volúmenes de residuos

Michael Bryan-Brown; Jeffrey Gage

GREEN MOUNTAIN TECHNOLOGIES, INC.

Fecha de publicación: (7 de diciembre de 2017)

N° de solicitud/publicación de patente: WO/2017/210692

Método, aparato y sistema de compostaje para reducir el tiempo de operación, el poder de utilización y el uso de espacio, mediante esta tecnología se incrementa la eficiencia de la actividad biológica con grandes cantidades de residuos. Reduce la emisión de olores, posee un sistema de reutilización de agua captando el lixiviado fuera de la pila. El sistema está compuesto por una especie de base aireada, un brazo pivotante en el centro de esta base y un módulo de control. La base aireada puede recibir material para ser compostado, esta integra un sistema de inyección de aireación y un dren de acopio de lixiviado. El brazo pivotante puede depositar material para compostar sobre la base aireada. El módulo de control puede manejar la temperatura a partir de los inyectores de aire. (Leer artículo [completo](#))

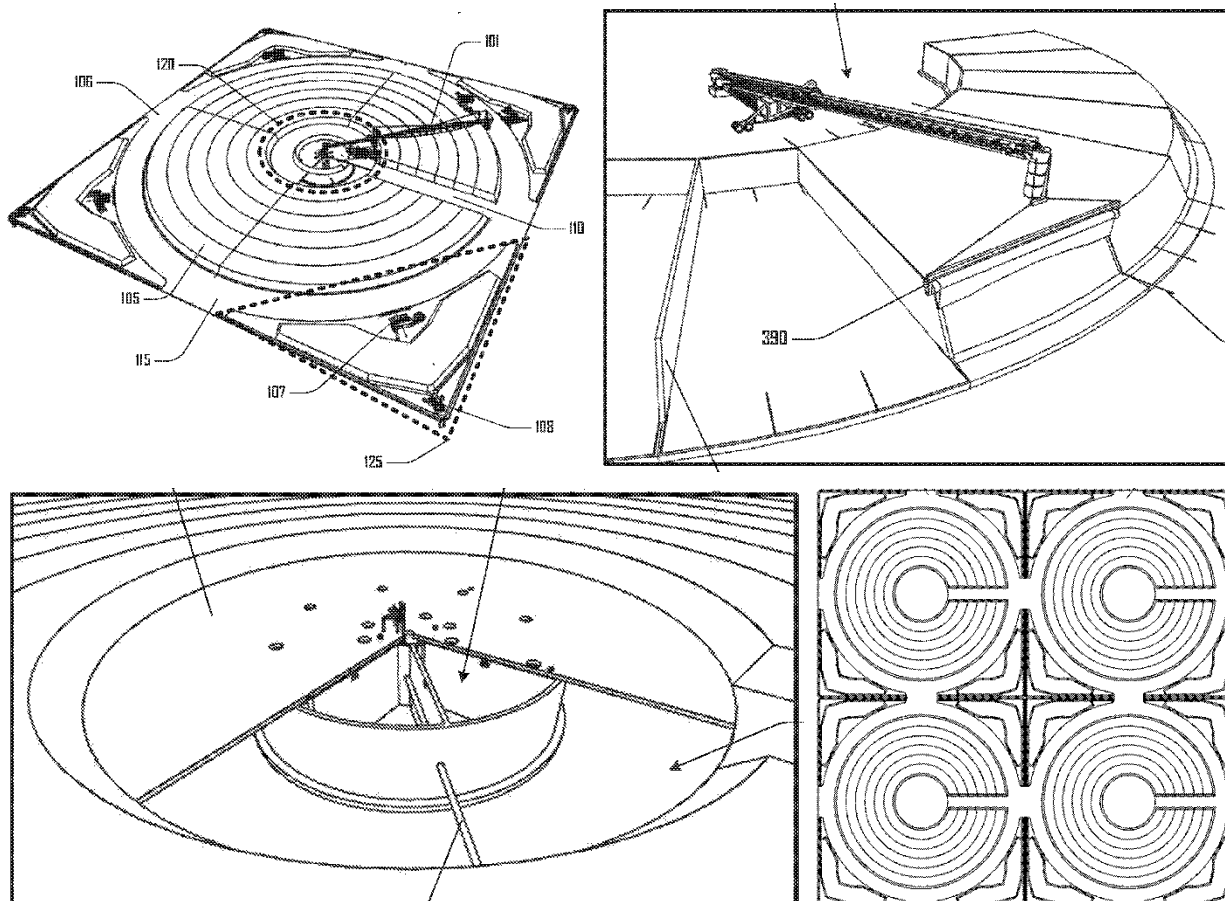


Figura 8. Sistema de compostaje para grandes volúmenes de residuos.

Patentes

Sistema cíclico automático de compostaje de residuos con un receptáculo para líquidos filtrados.

Fang Hailan; He Kejian; Jin Yiming; Lyu Gaoming; Zhou Jianqiang; Li Ming
SHANGHAI LVDI ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CO., LTD.

Fecha de publicación: 23 de abril de 2019

N° de solicitud/publicación de patente: 201821073581.1

Este modelo corresponde a un sistema cíclico automático de compostaje de residuos con un receptáculo para acopio de líquidos filtrados, un puerto de comunicación serial, con dispositivos de monitoreo de percolación y filtrado, que permiten descartar material verde previo al ingreso del líquido a una bomba impulsora. La base posee pendientes suaves para generar un flujo que permita recolectar el líquido y reciclarlo automáticamente, con un monitoreo on-line de la humedad de la pila, disminuyendo el consumo de agua del sistema y de olores molestos. Esto facilita la descomposición completa del material compostado, mejora la calidad del compost, se aprovecha el lixiviado, se mantiene limpio y posee un costo de funcionamiento bajo. (Leer artículo [completo](#))

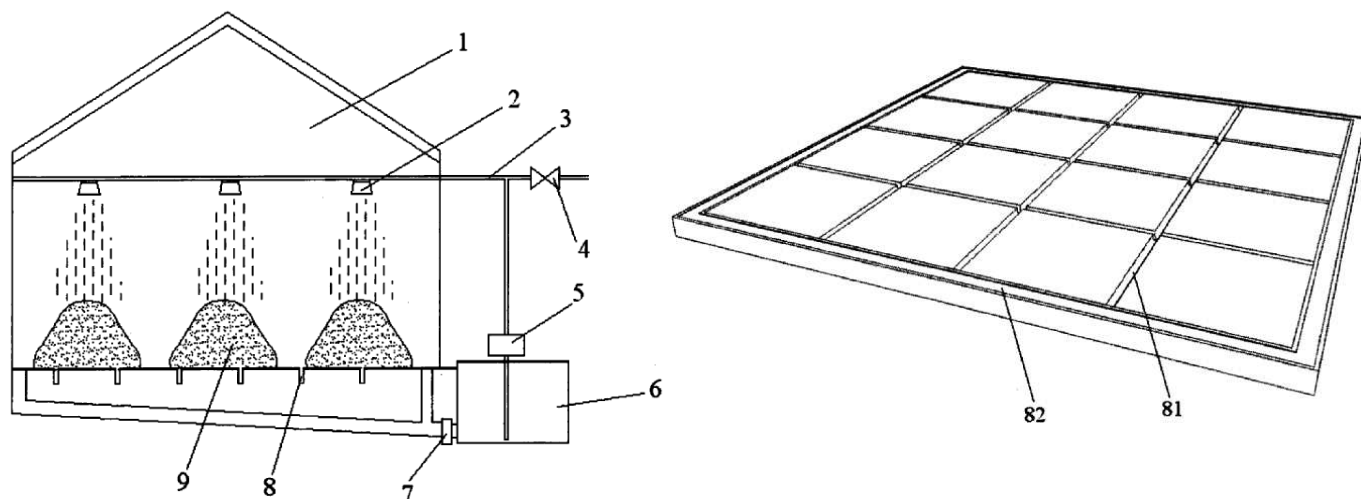


Figura 9. Diseño del sistema de compostaje cíclico automatizado.

Patentes

Compost Bin

Larry Stearns; Michael Stearns
Medal Techonlgies, LLC.

Fecha de publicación: 19 de julio de 2018

Patente otorgada: 20180201550

Este invento consiste en un bin de compostaje autoregulado, conformado por un plástico resistente, el cual está configurado para regular su temperatura interna e informar al usuario de la aparición de agentes patógenos dentro del compost para erradicarlos. El cuerpo principal del artefacto es hueco, con una tapa que posee una venta para dejar entrar la luz del sol y aumentar la temperatura de la mezcla. El bin de compostaje puede tener un controlador en comunicación con un ventilador. El controlador alerta al usuario cuando al interior del bin se alcanzan determinadas temperaturas durante un periodo de tiempo definido, garantizando el uso seguro del artefacto. (Leer artículo [completo](#))

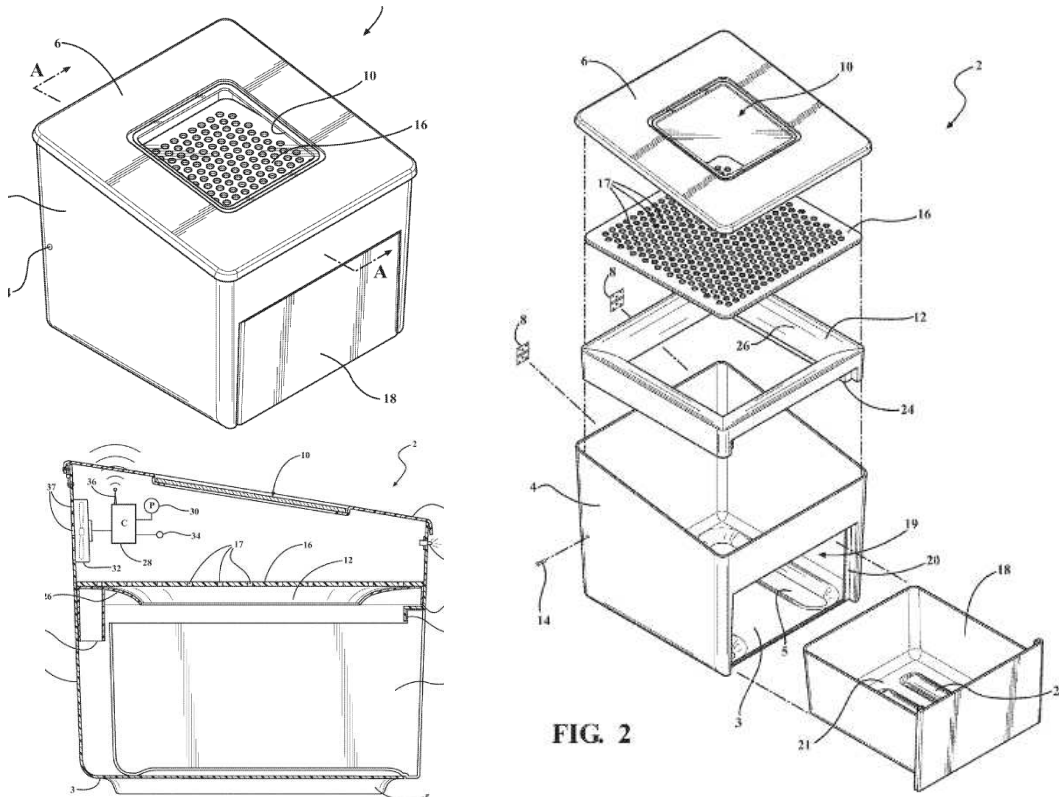


Figura 10. Esquema del funcionamiento del sistema y gráfica que muestra la relación entre la recolección de agua por día por superficie y el voltaje del campo eléctrico.

Patentes en Chile

En el buscador de patentes del sitio web del Instituto Nacional de Propiedad Industrial INAPI (www.inapi.cl), se encontró una solicitud de patente relacionada con un biorreactor para incubar microorganismos y obtener nutrientes para crecimiento vegetal. Sin embargo, su solicitud se encuentra abandonada.

Título de Patente: Biorreactor o incubadora de microorganismos benéficos para biorremediación de suelos y microelementos esenciales para el crecimiento de plantas, frutas y otros, conformado por un estanque cilíndrico, provisto con una base de soporte inferior del estanque, una tapa o cubierta superior abatible provista de una perforación superior, donde se instala o fija un canasto porta compost. Adicionalmente, posee una válvula de flujo de aire de ajuste de nivel de oxígeno.

Estado: Abandonada

Tipo: Patente de invención

Fecha de publicación: noviembre de 2014

Solicitante: BIO-FEED S.A

País: Chile

Comuna: Vitacura

Referencias

Chen, P., E. Anderson, M. Addy, R. Zhang, Y. Cheng, P. Peng, Y. Ma, L. Fan, Y. Zhang, Q. Lu, S. Liu, N. Zhou, X. Deng, W. Zhou, M. Omar, R. Griffith, F. Kabir, H. Lei, Y. Wang, Y. Liu & Ruan, R. (2018). Breakthrough technologies for the biorefining of organic solid and liquid wastes. *Engineering* (4) 574-580. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809917308111>

CONAMA. (2010). Primer reporte sobre manejo de residuos sólidos en Chile basado en el estudio "Levantamiento, análisis, generación y publicación de información nacional sobre residuos sólidos en Chile". Comisión Nacional del Medio Ambiente. 64 p. Disponible en: http://www.hidronor.cl/pdf/1_Primer_Reporte_del_Manejo_de_Residuos_S%C3%B3lidos_en_Chile_Conama_2010.pdf

Kaudal, B. & Weatherley, A. (2017). Agronomic effectiveness of urban biochar aged through co-composting with food waste. *Waste Management* (77) 87-97. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X18302630>

Luzio W., Casanova M., Seguel O. (2010). Suelos de Chile. Luzio W. (Editor). Universidad de Chile. Chile. 346 p.

Park, J., D. Lamb, P. Paneerselvam, G. Choppala, N. Bolan & Chung, J. (2011). Role of organic amendments on enhanced bioremediation of heavy metal(loid) contaminated soils. *J. Hazard. Mater.* 185, 549-574. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389410012434>

Saraiva, A., H. Wenzel & Jansen, J. (2016). Identification of decisive factor for greenhouse gas emissions in comparative life cycle assessments of food waste management – an analytical review. *Journal of Cleaner Production* (119) 13-14. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616001281>

Tejada, M.; C. García; J. González and M. Hernández. (2006). Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: Influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Biology & Biochemistry*. 38: 1413–1421. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071705004074>

Waqas, M., A. Nizami, A. Aburizaiza, M. Barakat, Z. Asam, B. Khattak & Rashid, M. (2019). Uptapped potential of zeolites in optimization of food waste composting. *Journal of Environmental Management*. (241) 99-112. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479719304712>

Xie, X., Y. Zhao, Q. Sun, X. Wang, H. Cui, X. Zhang, Y. Li & Wei, Z. A novel method for contributing to composting start-up at low temperature by inoculating cold-adapted microbial consortium. *Bioresource Technology*. (238) 39-47. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852417305242>.

Zhao, Y., Y. Zhao, Z. Zhang, Y. Wei, H. Wang, Q. Lu, Y. Li & Z. Wei. (2017). Effect of thermos-tolerant actinomycetes inoculation on cellulose degradation and formation of humic substance during composting. *Waste Management* (68) 64-73. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X17304634>.



Programa de Mejoramiento Institucional en Recursos
Hídricos

Universidad Católica del Norte

Pabellón E2 / Av. Angamos 0610, Casilla 1280, Antofagasta

Fono:

(55) 2651740 / (55) 2355044

E-Mail:

ceitsaza@ucn.cl

Página Web:

www.ceitsaza.cl

Proyecto de Consolidación de Oficinas de Transferencia
y Licenciamiento

Dirección de Innovación y Transferencia Tecnológica

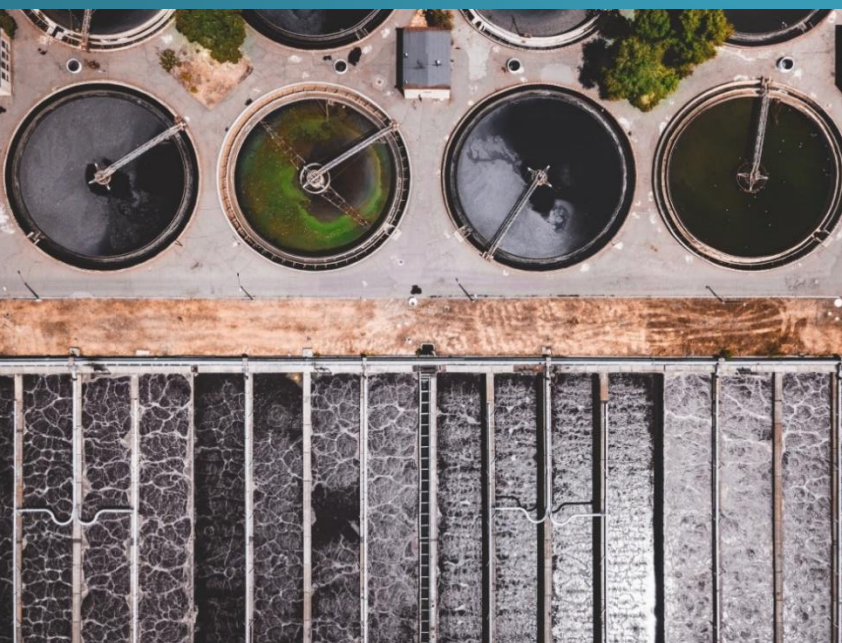
Universidad Católica del Norte

E-Mail:

Innovacion.vridt@ucn.cl

Página Web:

ditt.ucn.cl



Dirección de Innovación y
Transferencia Tecnológica