PAUTA TÉCNICA

Bases para incorporar compost en la viverización de especies nativas en Chile

Apoyado por:

Pauta Técnica: Bases para incorporar compost en la viverización de especies nativas en Chile

Autores
Nicolás Díaz (Regenerativa)
Pablo Cortés (Regenerativa)
Carolina Álvarez-Maldini (UOH)
Jorge Medina (UOH)

Equipo
Alejandro Florenzando (Regenerativa)
Javiera Sandoval (FNN)
Daniela Estay (UOH)
Pilar Fuenzalida (UOH)
Carolina Valdivia (UOH)

Diseño Editorial
Camila Espinoza

Implementación
Regenerativa SpA
Fundación Núcleo Nativo
Vivero Nativa

Colaboración
Instituto de Ciencias Agroalimentarias, Animales y Ambientales de la Universidad de O'Higgins (ICA3)
Vivelomb Ltda.

Citación recomendada:
Fundación para la Innovación Agraria. (2022). Bases para incorporar compost en la viverización de especies nativas en Chile

Este documento fue elaborado como parte del estudio apoyado por la Fundación de Innovación Agraria EST-2021-0613 "Evaluación de la utilización de compost comercial como sustrato en la viverización de especies forestales nativas en las regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule", el que fue ejecutado entre los años 2021 y 2022 por Regenerativa SpA en asociación con el Vivero Nativa y la Fundación Núcleo Nativo y con la colaboración del Instituto de Ciencias Agroalimentarias, Animales y Ambientales de la Universidad de O'Higgins y Vivelomb Ltda.

ISBN XXX-XXXX-X

Registro de Propiedad Intelectual
Inscripción N° XXX.XXX

Regenerativa SpA
Fundación para la Innovación Agraria

Santiago de Chile
Diciembre 2022

PAUTA TÉCNICA

Bases para incorporar compost en la viverización de especies nativas en Chile

Fundación para la Innovación Agraria - Diciembre 2022

Contenidos

6 AGRADECIMIENTOS

8 INTRODUCCIÓN

10 Fundamentos técnicos y contexto general

12 Beneficios y oportunidades asociadas al compost

14 Antecedentes del estudio

16 RECOMENDACIONES

18 Propiedades de un compost para elaborar sustratos orgánicos utilizados en viverización

20 Consideraciones técnicas para incorporar compost

24 Cuidados de plantas en la viverización de Peumo y Quillay

30 RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS
32 Baja tasa de germinación (pocas semillas germinando)
32 Las plantas crecen lentamente o empiezan a morir tempranamente en la producción a pesar de que el riego y la luz son adecuados.
32 Aparece musgo en el sustrato o plantas comienzan a deteriorarse después de un crecimiento inicial normal.
33 Aparecen grietas en el sustrato y se siente duro al tacto
33 Las plantas de una misma especie crecen de manera desigual

34 CONSIDERACIONES FINALES

38 REFERENCIAS

41 ANEXOS

Agradecimientos

Dedicamos nuestros más sinceros agradecimientos a todas y todos quienes nos aportaron desde su conocimiento y experiencia en la construcción de este material.

En especial, agradecemos a:

Jeannette Barra - *Vivero Nativa*
José Barria - *Vivelomb*
Hugo Barrueto - *CONAF*
Solange Belmar - *FIA*
Héctor Bertero - *Jugos del Maipo*
Enzo Bollo - *Lombricultura Pachamama*
José Bravo - *Agrosuper*
Rodrigo Bugueiro - *INDAP*
Marcela Calabi - *BIOREN, UFRO*
Ítalo Cariola - *ReyComp*
Armando Caro - *Agroorgánicos Mostazal*
Paola Caroca - *FIA*
Cecilia Céspedes - *INIA*
Vicente Cominetti - *De Raíz*
Gustavo Curaqueo - *UCT*
Colomba Dumay - *Regenerativa*
Maritza Estivill - *Agrícola Matsubara*
Minerva Farías - *FIA*
Karina Galleguilllos - *Idea Corp*
Andrés Gálmez - *FIA*
Yolanda Gómez - *CONAF*
Marta González - *INFOR*
Patricio González - *INFOR*
Diego Guerra - *Municipalidad Viña del Mar*
Melisa Henríquez - *CONAF*
Ester Hernández - *CONAF*
Felipe Hernández - *Municipalidad Peñalolén*
Anastassia Kukulos - *Reycomp*
Juan Francisco Lazcano - *Armony Sustentable*
Roberto López - *Megusareciclar*
Ignacio Milic - *Municipalidad El Quisco*
Francisco Millacura - *Municipalidad Quintero*
Emilia Molinare - *Diseñadora*
Edit Montenegro - *Viverista*
Jaqueline Morales - *Vivero San Manuel*
Nicole Moreno - *Municipalidad Cartagena*
Mónica Musalem - *Vivero Pumahuida*

Diego Parra - *CONAF*
Patricia Peña - *CONAF*
Angélica Peñailillo - *Agro Bio Orgánicos*
Paola Quintanilla - *Municipalidad San Antonio*
Silvana Ríos - *Municipalidad de Santiago*
Daniel Riquelme - *FNN*
Marcela Rodríguez - *Vida Ambiental*
Miguel Rodríguez - *Cooperativa Ortiga*
Elena Rojas - *Viverista*
Eric Rojas - *Municipalidad El Quisco*
Leonardo Russo - *FIA*
Javiera Sandoval - *Fundación Núcleo Nativo*
Gabriel Thomas - *Dutchman*
Benjamín Tobar - *Independiente*
Marcelo Tobar - *Compost Regia*
Iván Urzúa - *Ecomaule SpA*
Sergio Valladares - *INDAP*
Nicolás Vicuña - *Compostera El Mollar*
Constanza Zapata - *Namuntu Lombricultura*

INTRODUCCIÓN

Este documento busca orientar el diseño y la preparación de sustratos que incorporen compost para la viverización de especies nativas en Chile. Las orientaciones incluidas en esta pauta se basan la literatura científica y los resultados obtenidos por el ICA3 de la UOH y los talleres organizados en el marco del estudio apoyado por la Fundación para la Innovación Agraria EST-2021-0613 "Evaluación de la utilización de compost comercial como sustrato en la viverización de especies forestales nativas en las regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule".

1. Fundamentos técnicos y contexto general
2. Beneficios y oportunidades asociadas al compost
3. Antecedentes del estudio

Quillay

Fundamentos técnicos y contexto general

Aproximadamente, una quinta parte del bosque nativo se perdió por degradación entre 1970 y 2010[1]. Esta pérdida se debió principalmente a la conversión de los bosques nativos a matorrales y el reemplazo de especies nativas por especies exóticas productivas. Se proyecta que este problema va a continuar debido a la pérdida cercana a un 2,1% anual durante los próximos años (Miranda et al., 2016).

Para atender la problemática, Chile ha comprometido restaurar 500.000 hectáreas de ecosistemas degradados hacia el año 2035 como parte de sus compromisos forestales (CONAF, s.f.) y climáticos. Estos últimos buscan revertir la contribución de país al cambio climático e incluyen sus Contribuciones Determinadas, NDC (Gobierno de Chile, 2020) y la Estrategia Climática de Largo Plazo (Gobierno de Chile, 2021).

A pesar de lo anterior, el país no cuenta con las capacidades para producir plantas nativas en la cantidad y calidad que se necesitan para sus metas de restauración (Bannister et al., 2018). Considerando el volumen de producción actual, se necesitarían 161 años para cumplir los objetivos climáticos asumidos por Chile en el su Política Forestal (Acevedo et al., 2021). Además, el nivel de éxito de estos proyectos de restauración dependen de las características y calidad de las plantas viverizadas (INFOR, 2012).

Una de las principales barreras para la viverización de especies nativas es el acceso a sustratos de alta calidad, que sean accesibles y sustentables. Los viveros generalmente utilizan turba vegetal y tierra de hojas como sustratos orgánicos, pero la extracción y producción de estos materiales no es renovable y genera impactos negativos en los ecosistemas de donde son obtenidos (Domínguez et al., 2012, Alexander et al., 2008). La escasez de turba vegetal y tierra de hojas eleva además su precio, al mismo tiempo que productores silvoagropecuarios adoptan prácticas enmarcadas en los objetivos de desarrollo sostenible y buscan optimizar sus procesos, reducir costos y limitar sus impactos ambientales.

Así, existe una necesidad y una oportunidad de valorizar los residuos orgánicos a través de varias alternativas de manejo, asociadas a su vez a diversos fines y usos. Estos últimos incluyen la generación de energía y material orgánico para la producción de bioinsumos, tales como los sustratos y las enmiendas orgánicas. El compost destaca entre las opciones, especialmente como sustrato para la viverización.

El compost corresponde a un material orgánico estabilizado obtenido a partir del proceso de compostaje, el que consiste en la digestión microbiana de residuos orgánicos en condiciones aeróbicas, es decir, en presencia de altas concentraciones de oxígeno. Estas condiciones se logran a partir del control de variables físicas y químicas en las pilas de compostaje, además de cómo son manipuladas.

El compost se caracteriza por su capacidad de capturar carbono causante del cambio climático, aumentar la retención de agua y aportar un alto contenido de nutrientes (EPA, s.f., Herrera, et al., 2008). Además, utilizar compost contribuye a reducir el volumen de residuos orgánicos destinados a rellenos sanitarios y vertederos municipales, fomentando la economía local y rural.

Por otro lado, el bosque esclerófilo es uno de los principales ecosistemas degradados en Chile. Se distribuye en Chile central en zonas dominadas por el clima Mediterráneo con una estación seca prolongada (Becerra et al., 2018) y alberga una alta diversidad de especies vegetales y animales endémicas. Estos bosques se han degradado por el impacto de la intensa actividad humana de la zona central y la creciente escasez de agua asociada al cambio climático, por lo que acciones de restauración resultan urgentes.

La restauración de los bosques esclerófilos es posible y debe ser realizada con las especies nativas que le son características. En este sentido, la viverización en la zona central[2] se caracteriza por la producción de quillay (*Quillaja saponaria*, 41%), espino (*Acacia caven,* 10%) y peumo (*Cryptocarya alba*, 8%) (CONAF, 2019), lo que las convierte en las mejores opciones para proyectos de restauración. En este estudio se seleccionaron el quillay *(Q. saponaria)*[3] y el peumo *(C. alba)*[4], debido a su valor comercial, uso ornamental y elevado nivel de producción en la zona.

[1] De acuerdo a Miranda et al. (2016), un 19% del área correspondiente a bosque nativo se perdió debido por degradación durante el período señalado.

[2] En este documento nos referimos a zona central como aquella caracterizada en el estudio relacionado y que abarca las regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule.

[3] El quillay es un árbol endémico que se distribuye entre las regiones de Coquimbo y Biobío (García & Ormazábal, 2008). Corresponde a una especie siempreverde, de copa esférica y ancha, que alcanza una altura de 15 metros y un diámetro de un metro promedio (CONAF, 2014).

[4] El peumo se distribuye entre las regiones de Coquimbo y Los Ríos (García & Ormazábal, 2008). Corresponde a una especie siempreverde, de follaje denso y verde oscuro, que alcanza una altura de 20 metros y un diámetro de un metro promedio (CONAF, 2014).

Beneficios y oportunidades asociadas al compost

La preparación de sustratos es uno de los procesos más críticos en la producción y éxito de viveros. El compost, por su parte, destaca como una excelente alternativa para la actividad, ya que permite reducir los residuos orgánicos que de otra forma terminan siendo descartados o quemados a campo abierto, o bien, enviados a vertederos y rellenos sanitarios. Estas prácticas pueden generar impactos negativos a la salud de las personas y los ecosistemas, implican una pérdida de los nutrientes contenidos en los residuos y son causantes de metano, un gas de efecto invernadero 86 veces más potente que el dióxido de carbono[5].

La composición química y el alto contenido de materia orgánica del compost aportar un alto contenido nutricional para su uso en viveros (Bernal et al., 2017, Landis & Morgan 2009, Herrera et al., 2008, Ostos et al., 2008). El uso de compost permite también reducir la dependencia de tierra y turba vegetal (Varela et al., 2011). En efecto, una práctica creciente a nivel mundial es la aplicación de compost producido a partir de residuos orgánicos de origen urbano y agrícola para reducir su huella ecológica y valorizarlos.

El compost se destaca por su aporte nutricional para las plantas, incluyendo macronutrientes como el nitrógeno, el potasio y el fósforo, y micronutrientes, materia orgánica, mejoramiento de la estructura del suelo, aumento de la retención de agua y la liberación paulatina de nutrientes mineralizados (FIA & UDLA, 2007, Varela & Basil, 2011, Bernal et al., 2017). Como regla general, se recomienda la utilización de compost maduro, esto es, que se encuentre estabilizado después de haber completado su proceso de compostaje. La correcta maduración del compost evita alzas de temperatura asociadas al compostaje y permiten asegurar que cuente con una microbiología adecuada para el crecimiento de plantas[6].

El compostaje de residuos orgánicos es realizado a escalas domiciliaria, comunitaria y comercial (industrial). El catastro realizado en el marco del estudio muestra que entre las regiones de Valparaíso y Maule operan 42 organizaciones que realizan compostaje a nivel comunitario y comercial. La mayor parte de estas organizaciones se ubica en las regiones Metropolitana y de Valparaíso[7], procesando residuos provenientes de los sectores agroalimentario, residuos municipales y domiciliarios, y residuos provenientes del sector forestal. Por otro lado, los usuarios y clientes de estas organizaciones incluyen principalmente a hogares particulares, viveros y el sector agrícola.

[5] El potencial de calentamiento global del metano (CH_4) es 86 mayor que el del dióxido de carbono considerando un periodo de 20 años (UNEP & CCAP, 2021)

[6] Del total de 42 organizaciones catastradas, 19 operan en la Región Metropolitana y 17 en la Región de Valparaíso. En conjunto, ambas regiones abarcan un 86% del catastro.

[7] Se ha encontrado que el compost puede aplicarse semi-maduro en determinadas circunstancias, lo que permite acelerar la absorción de sus nutrientes por encontrarse más disponibles (FAO, 2013). Sin embargo, estas aplicaciones conllevan un aumento de la acidez de los sustratos y afectar negativamente los cultivos.

Antecedentes del estudio

Esta pauta técnica fue elaborada como parte del estudio apoyado por FIA "Evaluación de la utilización de compost comercial como sustrato en la viverización de especies forestales nativas en las regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule". El estudio buscó evaluar los beneficios y la seguridad de incorporar compost comercial como sustrato en la viverización de dos especies forestales nativas características del bosque esclerófilo y la viverización de especies nativas en la zona central.

Los siguientes objetivos y actividades fueron realizadas como parte del estudio:

OBJETIVOS	ACTIVIDAD(ES)
#1 Caracterización y análisis de la viverización de especies nativas en la zona de estudio.	1.1. Caracterización de la viverización del peumo y el quillay en la zona de estudio (Regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule). 1.2. Identificación y análisis de planes y estrategias nacionales relacionados con la viverización de especies nativas y reforestación.
# 2 Identificar y caracterizar productores de compost que operen en las regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule.	2.1. Diseño de una encuesta para el levantamiento de información del catastro de productores de compost. 2.2. Identificación de empresas asociadas al sector producción compost a través de un catastro. 2.3. Caracterización de organizaciones productoras de compost a través de la aplicación de la encuesta. 2.4. Selección del compost para la realización de las pruebas técnicas del estudio.
#3 Caracterizar fisicoquímica y microbiológicamente mezclas de sustratos utilizados en viverización de especies forestales nativas con compost comercial disponible en la zona de estudio.	3.1. Determinación de propiedades físicas, químicas y biológicas de sustratos utilizados para la viverización de quillay y peumo provenientes de dos viveros ubicados en las regiones de Valparaíso y Maule. 3.2. Determinación de propiedades físicas, químicas y biológicas de los sustratos anteriores mezclados con compost comercial en tres proporciones distintas (0%, 25% y 50% volumen de compost).
#4 Evaluar el efecto de incorporar compost como sustrato en el crecimiento inicial de plantines de quillay y peumo.	4.1. Colección de semillas, siembra y viverización de especies de quillay y peumo en banejdas en dependencias del Campus Colchagua de la Universidad de O'Higgins ubicado en San Fernando, Región de O'Higgins. 4.2. Caracterización del crecimiento inicial de plantas de quillay y peumo a partir de la determinación de variables anatómicas y fisiológicas hacia el final del estudio.
#5 Sistematizar y difundir los resultados de ensayos fisicoquímicos y de crecimiento inicial realizados en plantines de quillay y peumo.	5.1. Generación de dos mesas de trabajo para analizar los avances del estudio y resguardar que el producto se ajuste a las necesidades de los beneficiarios finales 5.2. Elaboración de una pauta técnica para la aplicación de compost en la viverización del quillay y el peumo.

Esta pauta técnica fue elaborada a partir de los resultados finales de las pruebas técnicas realizadas como parte de de la iniciativa y a partir de evidencia disponible en la literatura citada en la misma. El detalle de estos resultados se encuentra incluido en los anexos de este documento.

RECOMENDACIONES

Esta sección describe las principales consideraciones que deben tenerse en cuenta en la preparación de sustratos y la incorporación de compost en su composición. Incluye, además, los criterios técnicos para evaluar la calidad de estas preparaciones y brinda orientación para realizar un correcto proceso de viverización.

1. **Propiedades de un compost para elaborar sustratos orgánicos utilizados en viverización**
2. **Consideraciones Técnicas para Incorporar Compost**
3. **Cuidados de plantas en la viverización de peumo y quillay**

Propiedades de un compost para elaborar sustratos orgánicos utilizados en viverización

Al momento de incorporar compost como sustrato, es **crítico** revisar que cumpla con las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas que permitan asegurar que es seguro y beneficioso para la producción en el vivero. Algunos aspectos especialmente relevantes a considerar incluyen el tamaño y distribución de las partículas (granulometría), la densidad (relación entre peso y volumen), la capacidad de retención de agua, la salinidad y la composición biológica (Bernal et al., 2017, Abad et al., 2001). Se recomienda también que **la relación carbono-nitrógeno utilizada sea siempre inferior a 30 e idealmente inferior a 20** (Davidson et al, 1994, NCh 2880:2015), lo que debería chequearse en la ficha técnica del producto o con el proveedor.

En cuanto a su nivel de maduración y estabilidad, un compost adecuado para la germinación de semillas tiene un contenido de materia orgánica estable y no presenta fitotoxinas ni patógenos animales o vegetales. La estabilidad del compost, por su parte, se vincula al nivel y tipo de actividad microbiana del compost. Un compost estable se caracteriza por los siguientes indicadores:

- Adecuada respiración basal, correspondiente al consumo de oxígeno y generación de dióxido de carbono.
- Alto contenido de materia orgánica.
- Elevada actividad enzimática.
- Mayor concentración de nitrógeno en su estado mineralizado (nitrato).

Se deben revisar las propiedades fisicoquímicas del compost que se integrará en la viverización de las especies. Las variables que se deben chequear son:

- **Olor:** terroso
- **Color:** café oscuro
- **Humedad:** acotada
- **Granulometría:** menor a 10 mm (G-10).
- **Ausencia de contaminantes** (plástico, vidrio)
- **Otras:** Densidad, retención de agua y materia inerte (ver tabla 2)

Dependiendo de si el compost cumple con las variables mencionadas dentro los rangos que aparecen en la tabla 1, se clasificará como Clase A (de mayor calidad) o Clase B (de calidad intermedia). El compost Clase A se caracteriza principalmente por tener una conductividad eléctrica, lo que aumenta el tipo de usos para los cuales es adecuado (NCh2880:2015).

Tabla 1. Parámetros de categorización de compost según la NCh 2880:2015

PARÁMETRO	VALOR EN CLASE A	VALOR EN CLASE B
Conductividad Eléctrica	Menor a 3 [dS/m]	Menor a 8 [dS/m]
Relación Carbono/Nitrógeno	Hasta 25	Hasta 30
Concentración de Arsénico	Hasta 15 [mg/Kg Compost]	
Concentración de Cadmio	Hasta 2 [mg/Kg Compost]	
Concentración de Cobre	Hasta 100 [mg/Kg Compost]	
Concentración de Cromo	Hasta 120 [mg/Kg Compost]	
Concentración de Mercurio	Hasta 1 [mg/Kg Compost]	
Concentración de Níquel	Hasta 20 [mg/Kg Compost]	
Concentración de Plomo	Hasta 100 [mg/Kg Compost]	
Concentración de Zinc	Hasta 200 [mg/Kg Compost]	

La Norma Chilena de Compost (NCh 2880:2015) busca promover una gestión apropiada de los residuos sólidos orgánicos, prevenir la introducción de plagas incorporadas en el producto y fomentar el desarrollo de la industria nacional de compost. Establece clasificaciones y requisitos de calidad para el compost producido en plantas de compostaje establecidas, faenas in situ y plantas móviles en las que el producto se comercialice como "compost". Además de lo anteriormente mencionado, su alcance se extiende hasta el compost importado.

La norma otorga a las organizaciones productoras la posibilidad de certificar su compost, lo cual significa que deben informar respecto de resultados de laboratorio acreditados sobre las siguientes variables:

- **Coliformes fecales**
- **Humedad**
- **Conductividad eléctrica**
- **Madurez**
- **Salmonella**
- **Relación carbono/nitrógeno**
- **pH**

Los parámetros anteriores se encuentran regulados según la norma para asegurar la calidad del compost para sus distintas aplicaciones, incluyendo su uso como sustrato. En este sentido, es sumamente importante confirmar que el compost adquirido se encuentre certificado y su ficha técnica con el detalle de sus propiedades físicas y químicas. Se tendrá un mayor nivel de seguridad si la entidad que reporta las propiedades físicas, químicas y los parámetros de calidad del producto es independiente del proveedor y puede ser contactada para confirmación.

Consideraciones técnicas para incorporar compost

Incorporar compost puede beneficiar la preparación de sustratos para viverización de especies hortícolas y forestales (Varela & Basil, 2011, Herrera et al., 2008). Se ha encontrado que la adición de compost aporta nutrientes que resultan beneficiosos para la viverización. Estos nutrientes se dividen en dos categorías: macronutrientes, incluyendo el Nitrógeno (N), el Fósforo (P) y el Potasio (K), y micronutrientes, presentes en menores concentraciones y correspondientes principalmente a metales y minerales.

El compost se caracteriza por ser un material maduro y estable que entrega beneficios para la viverización, lo que se evidencia por sus valores de Carbono/Nitrógeno bajos (C/N < 20). El uso de compost puede mejorar también la granulometría y la porosidad de los sustratos, lo que mejora su retención de agua y aireación. Correctamente aplicado, la incorporación de compost puede disminuir la presencia de fitopatógenos (Bernal, et al., 2017), aumentar el crecimiento de las plantas y mejorar su capacidad de trasplante.

Como todos los materiales, el compost debe incorporarse de manera adecuada en la preparación de los sustratos. Un exceso de compost puede afectar negativamente el desarrollo de las plantas de vivero elevar su salinidad, modificar su acidez, y desbalancear la concentración de metales (Herrera et al., 2008)[8]. En términos generales, **se recomienda incorporar compost como sustrato hasta no más de un 50% del volumen de sustrato** (Herrera et al., 2008, Varela & Basil, 2011). El compost suele presentar una mayor salinidad y alcalinidad que enmiendas comparables como la turba vegetal (Fornes et al., 2010, Chong, 2005), medidas a partir de su conductividad eléctrica (EC) y pH. Un exceso de salinidad o alcalinidad (ver tabla 2) pueden afectar negativamente la germinación de las plantas y su crecimiento inicial durante la viverización.

Cabe señalar que existe un conjunto de medidas que pueden reducir el efecto de algunas de las variables anteriores (ver figura 1). Por ejemplo, se ha encontrado que la salinidad de sustratos con exceso de compost termina asemejándose al de otras enmiendas hacia el final del proceso de viverización. Esto último ocurre a partir del lavado de sales (lixiviado) que ocurre al regar las plantas (Landis & Morgan, 2009).

[8] Durante talleres realizados en el marco del estudio, viveristas y productores mencionaron estos efectos como uno de los principales riesgos de incorporar compost como sustrato en viveros.

Los beneficios del compost dependen de que se encuentre debidamente madurado y estabilizado. Esto último permitirá que las propiedades del compost sean apropiadas para la viverización, aportando nutrientes en estados estables (mineralizados) y que resulten beneficiosos para el desarrollo radical (raíces) de las plantas. Las mezclas de sustrato incluyendo compost pueden mejorar el crecimiento y la nutrición de las plantas viverizadas, además de liberar paulatinamente macronutrientes como el fósforo (Ostos et al., 2007). Adicionalmente, una buena maduración permite el desarrollo de microorganismos que minimizan o eliminan el daño generado por organismos fitopatógenos, especialmente aquellos que dañan las raíces de las plantas (Scheuerell et al., 2005). De igual manera, es importante evitar incorporar compost que no se encuentre estabilizado en la preparación de sustratos, ya que pueden afectar negativamente el crecimiento de las plantas[9].

La preparación de sustratos y la incorporación de compost se debe ajustar a cada una de las especies y condiciones específicas de operación del vivero. Viveristas suelen desarrollar sus sustratos mediante experimentación y observación, componente esencial de la actividad cuando se considera la viverización de especies nativas chilenas. Las orientaciones entregadas en esta pauta se basan en la evidencia específica disponible para la viverización de las dos especies nativas de este estudio, peumo y quillay.

[9] Esto se debe a la presencia de metabolitos intermediarios fitotóxicos relacionados con la presencia de amonio y ácidos volátiles orgánicos (Varnero et al., 2007).

En resumen, la preparación de sustratos incorporando compost debe seguir las siguientes consideraciones:

1. Como regla general, el volumen utilizado de compost no debiese superar un 50% del volumen total de sustrato preparado. Esto permitirá que el sustrato cuente con los beneficios asociados a utilizar compost en términos de nutrientes, estructura y supresión de patógenos, evitando al mismo tiempo que su mayor salinidad pueda afectar negativamente el desarrollo de las plantas.

2. Se recomienda incorporar compost a mezclas de materiales orgánicos e inorgánicos que provean las características físicas, químicas y microbiológicas para el desarrollo de las plantas. Materiales típicamente utilizados en la viverización de especies nativas forestales peumo y quillay incluyen materiales orgánicos como la turba vegetal y la corteza de pino compostada (INFOR, 2009). Materiales inorgánicos se utilizan como sustrato para promover el intercambio gaseoso y típicamente incluyen la perlita, la arena, la piedra volcánica y tierra (CONAF, 2014).

3. La corteza de pino compostada es un subproducto de la producción forestal y es ampliamente utilizada por su bajo costo y alta disponibilidad, típicamente utilizada con granulometría G-10 (CONAF, 2014). Sin embargo, es importante destacar que este material debe ser lavado antes de ser incorporado al sustrato, debido a su alto contenido de taninos (INFOR, 2009).

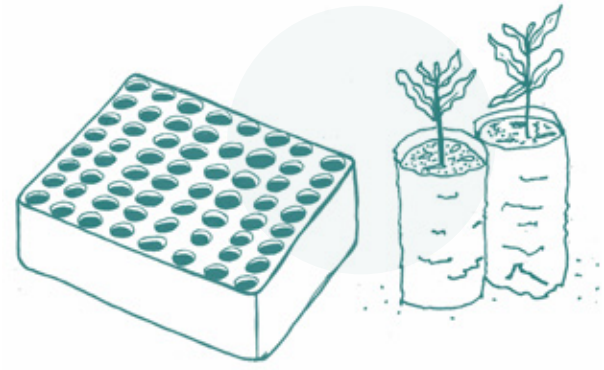
Al preparar el sustrato, se debe procurar controlar de manera periódica los parámetros asociados a la germinación y el crecimiento de las plantas. Estos parámetros se asocian a la tasa de crecimiento y la calidad de las plantas viverizadas. Los valores de parámetros óptimos para la viverización de especies se resumen en la tabla 2.

Tabla 2. Parámetros óptimos en sustratos utilizados para viverización

PARÁMETRO	RANGO RECOMENDADO	FUENTE(S)
Acidez/Alcalinidad (pH)	5,5 - 6,3	Rodríguez (2013), Landis & Morgan (2009), Abad et al. (1993)
Conductividad eléctrica (EC)	0,75 - 3,5 mS/cm	Rodríguez (2013), Landis & Morgan (2009), Abad et al. (1993)
Materia orgánica (OM)	> 80 %	Rodríguez (2013), Abad et al. (1993)
Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	20-40	Abad et al. (1993)
Amoniaco (NH3)	10 ppm	Landis & Morgan (2009)
Nitrato (NO3)	100 - 199 mg/L	Landis & Morgan (2009), Abad et al. (1993)
Fósforo (P)	6 - 9 ppm	Landis & Morgan (2009)
Sodio (Na)	0 - 50 ppm	Landis & Morgan (2009)
Dist. de partículas	0,25 - 2,5	Rodríguez (2013), Abad et al. (1993)
Densidad aparente (DA)	< 400 kg/m3	Rodríguez (2013), Abad et al. (1993)
Capacidad de retención de agua (CRA)	55 - 70 %	Rodríguez (2013), Abad et al. (1993)
Porosidad total	> 50 %	Landis & Morgan (2009)
Porosidad de aireación	15 - 30 %	Landis & Morgan (2009)
Porosidad de retención agua	25 - 35 %	Landis & Morgan (2009)
Cobre (Cu)	< 500 mg/kg	Abad et al. (1993)
Zinc (Zn)	< 1.500 mg/kg	Abad et al. (1993)
Cadmio (Cd)	< 5 mg/kg	Abad et al. (1993)
Cromo (Cr)	< 200 mg/kg	Abad et al. (1993)
Níquel (Ni)	< 100 mg/kg	Abad et al. (1993)
Plomo (Pb)	< 1.000 mg/kg	Abad et al. (1993)

Cuidados de plantas en la viverización de peumo y quillay

El éxito en la viverización de las plantas depende tanto del sustrato como de las técnicas de manejo aplicadas durante el desarrollo. En esta guía se resume el manejo básico para la viverización de quillay y peumo. **Se destacan seis aspectos a considerar: contenedor, luz, riego, fertilización, desmalezado y endurecimiento.**



CONTENEDOR

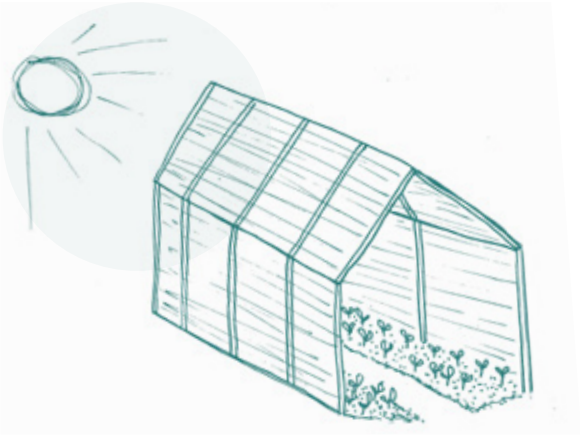
Se recomienda utilizar contenedores para viverización forestal de entre 120 y 140 cc, las que presentan dimensiones apropiadas para el crecimiento inicial de las plantas (CONAF, 2014). El material de las bandejas se recomienda poliestireno expandido o plástico, presentando cada uno de estos diferencias en términos de economía, durabilidad y resistencia (ver tabla 3). El uso de bolsas plásticas de aproximadamente 25 x 15 cm también se ha recomendado para la producción de plantas de uso ornamental (Benedetti, 2012).

La poda química es una herramienta de manejo que promueve el desarrollo de raíces secundarias, mejorando así la arquitectura radical y su desempeño en condiciones de campo. Además, previene el crecimiento radical a través del material de los contenedores, lo que facilita el transplante una vez finalizada la viverización. La poda es realizada mediante el bañado de los contenedores con una mezcla de carbonato de cobre, látex, y agua en éstos antes de rellenarlos con el sustrato.

Especies como el peumo y el quillay, pueden ser directamente sembrados en el contenedor final (Domínguez et al., 2013). En cualquier caso, las diferencias en la germinación de plantas en los contenedores harán necesario un repique desde contenedores con más de una planta hacia contenedores sin germinación. Este proceso debe realizarse con precaución debido a la fragilidad de las plantas, recomendándose su realización en un lugar protegido de condiciones ambientales extremas y seguida de riego inmediato.

Tabla 3. Comparación entre almácigos de plástico y poliestireno expandido

PROPIEDAD \ MATERIAL ALMÁCIGO	PLÁSTICO RÍGIDO	POLIESTIRENO EXPANDIDO
Precio	Menor	Mayor
Durabilidad	Mayor	Menor
Resistencia	Mayor	Menor
Poda	Química y/o mediante ranuras	Química

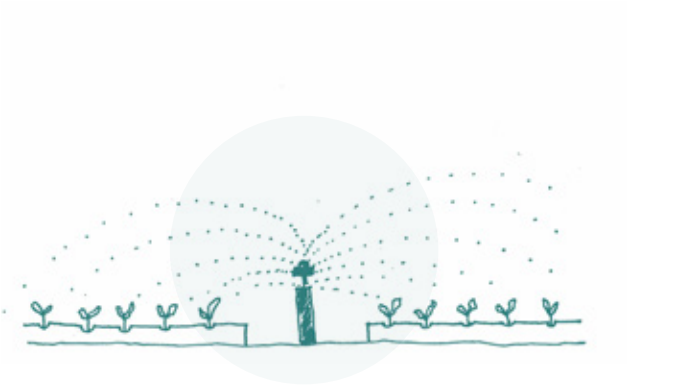


LUZ

Durante la etapa de germinación, se recomienda realizarla en condiciones de invernadero que puedan aumentar la temperatura ambiental, respecto al exterior. Esto promoverá la germinación de las semillas y el daño causado por bajas temperaturas. Durante esta etapa es altamente recomendable mantener altas condiciones de humedad mediante riego por aspersión.

Se recomienda que la viverización de especies nativas se realice en condiciones lo más similares posibles a aquellas en las que estas especies serán destinadas en condiciones de campo. Las condiciones de semisombra son adecuadas para viverizar el peumo y el quillay, las que pueden alcanzarse mediante la instalación de malla raschel, ampliamente utilizada en viverización.

La viverización de las especies en condiciones de semisombra puede extenderse hasta que la plantas alcancen su tamaño final si son destinadas a fines ornamentales. En caso de plantas destinadas a proyectos de restauración ecológica en condiciones de campo, se recomienda exponerlas a luz solar directa durante la etapa de pleno crecimiento. Este acondicionamiento permite que las plantas presenten un menor nivel de estrés en su establecimiento en campo, con una mejora consecuente de su tasa de supervivencia.



RIEGO

La demanda hídrica de las plantas corresponde a la cantidad de agua que consumen para su crecimiento y el mantenimiento de sus funciones vitales. Esta demanda depende tanto de la especie como de la fase de desarrollo (germinación y establecimiento, pleno crecimiento y endurecimiento) y factores ambientales, incluyendo la temperatura, humedad relativa y las características del sustrato.

El riego de las plantas debe proveer la cantidad de agua necesaria para satisfacer la demanda hídrica: su déficit puede disminuir el crecimiento de las plantas y aumentar la susceptibilidad a enfermedades. Un riego excesivo resulta nocivo para el crecimiento de las plantas al promover el desarrollo de patógenos y musgos, además de acelerar la pérdida de nutrientes en el sustrato a través de su lixiviación, impactando negativamente la absorción de nutrientes y generando plantas con deficiencias nutricionales. Al depender de las condiciones ambientales, el riego deberá adecuarse a la temporada, es decir, variar en la frecuencia según las plantas lo necesiten.

En términos generales, se recomienda regar las plantas cuando las bandejas hayan perdido aproximadamente un 50% del agua disponible (Domínguez et al., 2013), lo que se refiere a establecer un criterio de riego. Si bien la pérdida de agua de las bandejas se puede determinar de manera visual, esto requiere experiencia y es un método estimativo altamente impreciso. Para esto se sugiere llevar un registro del peso de las bandejas y regar al momento que estas alcanzan el criterio de riego fijado (Cartes et al. 2019) En términos generales, se recomienda realizar riegos cortos y frecuentes durante la fase de germinación y establecimiento de las plantas, mientras que en la fase de pleno crecimiento se sugiere utilizar los criterios de riego antes mencionados.

FERTILIZACIÓN

La utilización de compost como sustrato provee de nutrientes que aportan al desarrollo de las plantas y puede disminuir o eliminar la necesidad de incorporar fertilizantes en la viverización de plantas (Herrera et al., 2008). Dado esto, se recomienda evaluar caso a caso si es necesario realizar labores de fertilización, considerando los aportes nutricionales del sustrato base y del compost a utilizar. El compost corresponde a una enmienda orgánica que aporta tanto en los nutrientes contenidos en el sustrato como en la población microbiológica contenida. Por este motivo, la aplicación de NPK deberá adecuarse a las características de cada sustrato y especie viverizada.

De determinarse necesaria, la aplicación de fertilizantes deberá seguir las instrucciones establecidas por el proveedor y evaluarse de manera regular en base a los resultados obtenidos, por ejemplo, con respecto a la tasa de crecimiento (diámetro de cuello y altura) de las plantas viverizadas. Mediciones periódicas de nutrientes foliares, o al final del proceso de viverización, pueden ser un indicador de necesidades de fertilización (Domínguez et al., 2013). En términos generales, la fertilización de las plantas puede considerar:

- Para la fase de establecimiento: una solución en altas proporciones de fósforo respecto a nitrógeno y potasio (4:1:1). En esta fase se pueden incorporar además micorrizas en el sustrato (micorrización).

- Para la fase de pleno crecimiento: una solución con alto contenido de nitrógeno para fomentar el crecimiento en altura, acompañado de calcio y micronutrientes en caso de ser necesario.

- Para la fase de endurecimiento: disminución de la tasa de fertilización para detener el crecimiento y evitar la disminución de concentraciones nutricionales en las plantas producidas.

DESMALEZADO

Se recomienda realizar un desmalezado regular en las bandejas, con el objetivo de evitar que las plantas nativas compitan con especies invasivas. Si bien las especies nativas presentan una alta tolerancia a la competencia con malezas, esta impactará negativamente en su crecimiento y desarrollo. Este proceso es especialmente necesario para producciones que reutilicen sustratos o que utilicen tierra como parte de los mismos.

ENDURECIMIENTO

Se recomienda realizar una fase de endurecimiento en la que se aumente la tolerancia de las plantas a las condiciones ambientales del sitio (Gutiérrez et al., 2013). Para el caso de plantas destinadas a proyectos de restauración, debe realizarse un acondicionamiento de las plantas en condiciones de vivero, correspondientes principalmente a la disminución de labores de riego y fertilización, cuidando de no inducir altos niveles de estrés hídrico en las plantas.

La calidad de las plantas generadas se expresará en su lugar de establecimiento con respecto a su capacidad de desarrollar raíces, establecerse y crecer en condiciones de campo (INFOR, 2012). Si bien la calidad de las plantas está asociada a su desempeño en condiciones de campo, existen parámetros morfo-fisiológicos evaluados al final del proceso de viverización, que pueden aportar información respecto a su futuro desempeño. Entre los parámetros morfológicos más relevantes y fáciles de evaluar se encuentra el diámetro de cuello (DAC) y altura.

La tabla 4 incluye algunos indicadores de calidad recomendados por INFOR (2009) en la propagación de especies forestales. Estos indicadores son medidos al final de la temporada de producción del vivero y se asocian con una mayor capacidad de las plantas de establecerse y crecer exitosamente en terreno. La fase de endurecimiento debería extenderse por aproximadamente cuatro semanas.

Tabla 4. Indicadores de calidad en la producción de especies forestales

INDICADOR	DESCRIPCIÓN	RANGO ÓPTIMO
Diámetro de Cuello (DAC)	Se mide en [mm]. Expresa la capacidad de transporte de agua hacia la parte aérea de la planta, su resistencia mecánica y la capacidad de resistir mayores temperaturas.	Maximizar considerando A/D
Altura	Se mide en [cm]. Expresa la capacidad fotosintética y superficie de transpiración.	Maximizar considerando A/D
Razón Altura / Diámetro (A/D)	Conocido también como Índice de Esbeltez (IE), corresponde al cuociente entre la altura, medida en [cm], y el diámetro, medido en [mm]. Relaciona la resistencia de la planta con su capacidad fotosintética.	5-10
Razón Tallo / Raíz (ITR)	Corresponde al cuociente entre el peso seco de la parte aérea de la planta (tallo y hojwas) y el peso de la raíz. Se debe lavar y secar la planta antes de la medición. Determina el balance entre la superficie transpirante y la absorbente de las plantas, lo que se relaciona con su resistencia a la escasez de agua.	Menor a 2
Volumen de raíz	Corresponde al número de raíces laterales, la fibrosidad y la longitud del sistema radicular. Se relaciona con una mayor estabilidad de las plantas y una mejor capacidad exploratoria de las partes superiores e inferiores del suelo para mantener el estado hídrico.	Maximizar
Índice de calidad de Dickson (IC)	Se calcula como el cuociente entre la masa total seca de la planta (en gramos) y la suma del índice de esbeltez (IE) y el índice Tallo-Raíz (ITR). Expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando (1) seleccionar plantas desproporcionadas y (2) descartar plantas de menor altura pero mayor vigor.	Mayor a 0,2

Resolución de problemas

La viverización es un proceso que se desarrolla fuertemente en base a la experimentación. Esto es especialmente cierto en el caso de la viverización de especies nativas, las que presentan una alta variabilidad genética y adaptabilidad a las condiciones en las que son producidas. A continuación se presenta un listado de los problemas frecuentes en viverización, sus posibles causas y estrategias para su resolución.

1. **Baja tasa de germinación (pocas semillas germinando).**
2. **Las plantas crecen lentamente o empiezan a morir tempranamente en la producción a pesar de que el riego y la luz son adecuados.**
3. **Aparece musgo en el sustrato o plantas comienzan a deteriorarse después de un crecimiento inicial normal.**
4. **Aparecen grietas en el sustrato y se siente duro al tacto.**
5. **Las plantas de una misma especie crecen de manera desigual.**

Baja tasa de germinación (pocas semillas germinando)

Motivos: La tasa de germinación es especie específica, al igual que los requerimientos ambientales para promover la germinación. Es probable que las condiciones ambientales no sean adecuadas para la germinación de las especies o que estas requieran de tratamientos pre-germinativos para romper dormancia propia de la especie (Cartes et al. 2022).

Solución: A modo general se recomienda realizar riegos frecuentes de corta duración, con el objetivo de mantener una alta humedad relativa. En el caso de quillay se recomienda remojo en agua por 48 horas. Este mismo tratamiento es necesario en peumo, posterior a la remoción de la testa. Este tipo de especies puede presentar una alta variabilidad en los tiempos de germinación y presentar variabilidad interanual.

Una adecuada preparación de las semillas puede promover su germinación, especialmente para plantas de mayor variabilidad interanual. Las medidas sugeridas generalmente incluyen el remojo previa de las semillas, su almacenamiento en la oscuridad, el control de su temperatura y, en casos particulares, la extracción de capas exteriores de las mismas para acelerar la germinación de las plantas.

Las plantas crecen lentamente o empiezan a morir tempranamente en la producción a pesar de que el riego y la luz son adecuados.

Motivo(s): El sustrato preparado puede no ser adecuado para la especie. El compost añadido puede encontrarse fuera de sus parámetros óptimos según (norma), especialmente si se encuentra poco maduro (C/N>30, Zucconi et al (1981)) o con una alta salinidad (conductividad eléctrica fuera de rango).

Solución(es): Revisar que los ingredientes del sustrato se hayan mezclado en las cantidades adecuadas y contactar a los proveedores correspondientes indicando la dificultad para orientación.

Aparece musgo en el sustrato o plantas comienzan a deteriorarse después de un crecimiento inicial normal.

Motivo(s): Es altamente probable que el riego sea excesivo y las condiciones de humedad son favorables para el crecimiento de musgo y hongos.

Solución(es): Confirmar la frecuencia y tipo de riego realizado a las plantas del vivero, ya que es probable que estén siendo realizadas de manera inadecuada. El riego de las plantas debe proveer la cantidad necesaria de agua para su desarrollo y debe ajustarse de manera tal que al regar el sustrato esté comenzando a verse ligeramente húmedo a seco.

Aparecen grietas en el sustrato y se siente duro al tacto

Motivo(s): Es probable que el sustrato se haya compactado debido a una falta de porosidad e inadecuada granulometría. En este caso, los canales intersticiales han sido bloqueados, impidiendo la adecuada circulación de aire y agua hacia la raíz de las plantas. Esto puede impactar negativamente en el desarrollo de las plantas y aumentar la tasa de mortalidad de la partida.

Solución(es): Chequear que la mezcla del sustrato se encuentre en los rangos óptimos de porosidad y granulometría recomendados en esta guía (tabla 2). Si bien ya es tarde para realizar cambios, esto puede brindar orientación respecto a futuras partidas. Las mezclas de sustratos debiesen incorporar siempre algún componente que otorgue granularidad, tales como perlita, arena, gravilla y compost.

Las plantas de una misma especie crecen de manera desigual

Motivo(s): Es probable que las plantas estén expuestas a condiciones ambientales diferentes. Por ejemplo, puede que la luz ingrese al vivero de manera heterogénea por resquicios en el enmallado superior o cerca de los bordes. También es común que plantas se desarrollen más cuando se encuentran contiguas a los pasillos y existe un riego manual más intensivo en esas zonas.

Solución(es): Verificar si existen patrones de crecimiento relacionados con la luz o el riego. De haberlo, se pueden realizar rotaciones en la disposición de bandejas para mitigar las diferencias y resolver, cuando sea posible, cualquier fuente de variación de la cantidad de luz innecesaria. Respecto al agua, posibles soluciones incluyen instruir un correcto regado desde los pasillos o la instalación de sistemas de riego por aspersión. Las plantas nativas poseen una mayor variabilidad genética, por lo que su homogeneidad en el vivero es esperable.

CONSIDERACIONES FINALES

Esta pauta técnica es el resultado final del estudio que apoyó la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) "Evaluación de la utilización de compost comercial como sustrato en la viverización de especies forestales nativas en las regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule". Es parte de las iniciativas apoyadas por el programa Estudios para la Innovación y, como tal, buscó generar información que motive y oriente la transformación del sector agrícola nacional.

La transformación del sector agrícola es necesaria y urgente en tiempos en los que la seguridad alimentaria vuelve a estar en riesgo, la actividad agrícola sigue caracterizándose por una baja productividad y se desarrolla en un contexto de agotamiento de los recursos y una crisis climática. Estas problemáticas se combinan en el caso del sector de viverización, en el que productoras y productores sortean a diario la escasa información de la actividad, limitada capacidad tecnológica y la dependencia de insumos en proceso de rápido agotamiento y considerable impacto ambiental, especialmente la turba vegetal y la tierra de hojas.

Los problemas anteriores se dan en un contexto de desaprovechamiento de recursos e ineficiencia. A nivel global, más de un 30% de la producción alimentaria se pierde en las cadenas productivas, la comercialización y el consumo final (FAO, 2019, UNEP, 2021). La mayor parte de estos residuos son además descartados y enviados a sitios de disposición final, con la consecuente pérdida de nutrientes en ellos y la emisión de grandes cantidades de metano a la atmósfera. Este gas calienta el planeta 86 veces más que el dióxido de carbono en un periodo de 20 años y su reducción es crítica para evitar una catástrofe climática en las próximas décadas.

El reciclaje de orgánicos y, particularmente, el compostaje están tomando un rol cada vez más importante reemplazando el uso de fertilizantes, pesticidas y mejoradores de suelo a nivel mundial. Permiten reincorporar los nutrientes de nuestros alimentos y jardines al suelo, creando trabajo y un sistema de gestión de residuos más limpio y justo para quienes actualmente son impactados por las masivas actividades de recolección y disposición final de residuos sólidos.

En este estudio decidimos aportar en el conocimiento sobre la seguridad y los beneficios de incorporar compost en la viverización de especies nativas. Los resultados confirman que el compost puede disminuir la dependencia de viveristas en el uso de turba vegetal y aportar en la nutrición y crecimiento de plantas. Especialmente, quisiéramos destacar lo siguiente:

- Es posible reemplazar, de manera segura, hasta un 50% de los sustratos utilizados para la viverización de peumo y quillay por compost de buena calidad.
- La calidad del compost puede garantizarse en la medida que se encuentre certificado según la norma chilena de requisitos de calidad y clasificación de compost, NCh 2880: 2015. Resulta sumamente importante que la producción y uso del compost sean realizados bajo las mejores prácticas para contar con productos caracterizados, homogéneos, y propiedades fisicoquímicas y biológicas conocidas .
- La incorporación de compost como sustrato puede fomentar el desarrollo radicular (raíces) de las plantas viverizadas, lo que mejoraría su capacidad de tolerar la escasez hídrica y su establecimiento en terrenos con estrés hídrico.
- El uso de compost como sustrato debe adecuarse a las características específicas de los sustratos y las especies viverizadas. Las proporciones finales óptimas de su incorporación deberán ser determinadas por las productoras y productores en cada caso.
- Existen beneficios potenciales de usar compost que no fueron evaluados pero aparecieron como hipótesis durante el estudio, por ejemplo, la reducción de la compactación de los sustratos utilizados en el vivero y un menor consumo de agua.

Esperamos que la información generada en esta iniciativa contribuya al desarrollo y la innovación en la viverización y, especialmente, en la producción de especies nativas destinadas a reforestación. Esto, por supuesto, incluye a actores provenientes de los sectores público y privado, además de la academia y la sociedad civil, quienes desde sus distintos ámbitos contribuyen al desarrollo de un modelo de producción agrícola sustentable y respetuoso con su entorno.

Algunas preguntas quedan aún por responderse, por ejemplo:

- ¿Cómo puede beneficiar el compost la viverización de otras especies, nativas y exóticas?
- ¿Cuáles serían los beneficios y cómo se puede incorporar compost para el establecimiento de plantas en proyectos de forestación?
- ¿Cómo interactúa el compost con otros materiales provenientes del reciclaje de orgánicos, tales como el biocarbón, en su producción y uso?
- ¿Cuáles son los beneficios derivados del uso de compost asociados a la mineralización de nutrientes y su efecto en necesidades de fertilización a mediano y largo plazo?

Por nuestra parte, concluimos este estudio y esta pauta técnica con la esperanza de haber contribuido a informar e impulsar este proceso de cambio.

Referencias

ABAD, M., NOGUERA, P., & BURÉS, S. (2001). National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. Bioresour. Technol. 77, 197–200.

ACEVEDO, M., ÁLVAREZ-MALDINI, C., DUMROESE, R. K., BANNISTER, J. R., CARTES, E., & GONZÁLEZ, M. (2021A). Native Plant Production in Chile. Is It Possible to Achieve Restoration Goals by 2035? Land, 10(1), 71. https://doi.org/10.3390/land10010071

ALEXANDER, P.D., BRAGG, N.C., MEADE, R., PADELOPOULOS, G., & WATTS, O. (2008). Mires and Peat, Volume 3 (2008), Article 08. http://www.mires-and-peat.net/, ISSN 1819-754X

BANNISTER, J. R., VARGAS-GAETE, R., OVALLE, J. F., ACEVEDO, M., FUENTES-RAMIREZ, A., DONOSO, P. J., PROMIS, A., & SMITH-RAMÍREZ, C. (2018). Major bottlenecks for the restoration of natural forests in Chile. Restoration Ecology, 26(6), 1039–1044. https://doi.org/10.1111/rec.12880

BECERRA, P., SMITH-RAMÍREZ, C., & ARELLANO, E. (2018). Evaluación de Técnicas Pasivas y Activas para la Recuperación del Bosque Esclerófilo de Chile Central. ISBN: 978-956-14-2337-4

BENEDETTI, S. (2012). Monografía de Peumo, Cryptocarya alba (Mol.) Looser. Programa de Investigación de Productos Forestales No Madereros. Instituto Forestal (INFOR). Santiago, Chile

BERNAL, M. P., SOMMER, S. G., CHADWICK, D., QING, C., GUOXUE, L., & MICHEL, F. C. (2017). Current Approaches and Future Trends in Compost Quality Criteria for Agronomic, Environmental, and Human Health Benefits. Advances in Agronomy, 143–233. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.03.002

CARTES E, ACEVEDO M, GONZÁLEZ M, ALVAREZ C, MENA P, GARCÍA E. (2019) Manual de manejo de riego y fertilización en viveros de plantas a raíz cubierta. Instituto Forestal Chile, Manual n° 51. P. 110

CHONG, C. (2005). Experiences with wastes and composts in nursery substrates. Hort Technology 15, 739-747

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL - CONAF. (S.F.). Política forestal 2015–2035. https://www.conaf.cl/wp-content/uploads/2020/12/6-Politica-forestal-2015-2035.pdf

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL – CONAF. (2014). Manual de Protocolos de Producción de Especies Utilizadas por el Programa de Arborización. Gerencia Forestal, Departamento de Arborización. ISBN: 978-956-7669-42-4

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL - CONAF. (2019). Listado Viveros Forestales 2019. https://www.conaf.cl/nuestros-bosques/bosques-en-chile/viveros/

DOMÍNGUEZ, E., BAHAMONDE, N., & MUÑOZ-ESCOBAR, C. (2012). Efectos de la extracción de turba sobre la composición y estructura de una turbera de Sphagnum explotada y abandonada hace 20 años, Chile. Anales Instituto Patagonia (Chile), 2012. 40(2): 37-45

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (2019). The State of Food and Agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

FORNES, F., CARRIÓN, C., GARCÍA, R., PUCHADES, R., ABAD, M., 2010. Leaching composted lignocellulosic wastes to prepare container media: feasibility and environmental concerns. J. Environ. Manage. 91, 1747–1755.

FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA & UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS. (2007). El compostaje y su utilización en agricultura: Dirigido a pequeños(as) productores(as) pertenecientes a la Agricultura Familiar Campesina. ISBN Nº 978-956-7874-70-5

GARCÍA, N. & ORMAZÁBAL, C. (2008). Arboles Nativos de Chile. Enersis S.A. https://fundacionphilippi.cl/wp-content/uploads/2018/10/arboles-nativos-enersis.pdf

GOBIERNO DE CHILE. (2020). Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile: Actualización 2020. https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/07/Espanol-21-julio.pdf

GOBIERNO DE CHILE. (2021). Estrategia Climática de Largo Plazo de Chile: Camino a la Carbono Neutralidad y Resiliencia a más tardar al 2050. https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/11/ECLP-LIVIANO.pdf

GUTIÉRREZ, B., GACITÚA, S., PERRET, S., SANDOVAL, A., & CURIMIL, M. (2013). Propagación de especies forestales nativas de las zonas áridas y semiáridas de Chile. 1a. edición. Santiago, Chile: INFOR. https://doi.org/10.52904/20.500.12220/20364

HERRERA, F., CASTILLO, J., CHICA, A., & LÓPEZ, L. (2008). Use of municipal solid waste compost (MSWC) as a growing medium in the nursery production of tomato plants. Bioresource Technology 99 (2008) 287–296. doi: 10.1016/j.biortech.2006.12.042

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN - INN. (2015). Norma Compost - Requisitos de calidad y clasificación. Código ICS: 65.080

INSTITUTO FORESTAL - INFOR. (2009). Vivero Forestal: Producción de plantas nativas a raíz cubierta. Centro Tecnológico de la Planta Forestal

INSTITUTO FORESTAL - INFOR. (2012). Proyecto 028/2010: "Fundamentos para una normativa sobre origen de semillas y calidad de plantas forestales nativas" [Informe Final]

LANDIS, T. & MORGAN, N. (2009). Growing media alternatives for forest and native plant nurseries. In: Dumroese, R.K.; Riley, L.E., tech. coords. 2009. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations—2008. Proc. RMRS-P-58. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 26–31. Online: http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_p058.html

MIRANDA, A., ALTAMIRANO, A., CAYUELA, L., LARA, A., & GONZÁLEZ, M. (2016). Native forest loss in the Chilean biodiversity hotspot: revealing the evidence. Regional Environmental Change, 17(1), 285–297. https://doi.org/10.1007/s10113-016-1010-7

OSTOS, J., LÓPEZ, LÓPEZ-GARRIDO, R., MURILLO, J., & LÓPEZ, R. (2008). Substitution of peat for municipal solid waste- and sewage sludge-based composts in nursery growing media: Effects on growth and nutrition of the native shrub Pistacia lentiscus L.

SCHEUERELL, S., SULLIVAN, D., & MAHAFFEE, W. (2005). Suppression of Seedling Damping-Off Caused by Pythium ultimum, P. irregulare, and Rhizoctonia solani in Container Media Amended with a Diverse Range of Pacific Northwest Compost Sources. Disease Control and Pest Management, 95 (3), 306-315. DOI: 10.1094/PHYTO-95-0306

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. (2021). Food Waste Index Report 2021. Nairobi.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME & CLIMATE AND CLEAN AIR COALITION. (2021). Global Methane Assessment. https://www.ccacoalition.org/en/resources/global-methane-assessment-full-report

VARELA, S. & BASIL, G. (2011). Uso de compost en la producción de plantines de especies forestales. ISSN: 1853-4775 https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/11395

VARNERO, M.T., ROJAS, C., & ORELLANA, R. (2007). Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. R.C. Suelo Nutr. Veg. 7 (1) 2007 (28-37)

Anexos

Los anexos se encuentran disponibles en documentos individuales separados:

.

- Listado de Viveristas
- Listado de Productores de Compost
- Resultados de Pruebas Fisicoquímicas
- Resultados de Pruebas de Crecimiento
- Caracterización del Compost y los Viveristas
- Antecedentes para la Justificación del Estudio

PAUTA TÉCNICA

Bases para incorporar compost en la viverización de especies nativas en Chile

Apoyado por: