

Validación del compost producido a partir de especies invasoras como sustrato de propagación en el proceso de restauración ecológica

Validation of compost produced from invasive species as a propagation substrate in an ecological restoration process

María Catalina Azula-Barrera¹

[Recibido: 14 de mayo 2022, Aceptado: 30 agosto 2022, Corregido: 12 de noviembre 2022, Publicado: 29 de noviembre 2022]

Resumen

[Introducción]: En el control y manejo de especies invasoras se producen altos volúmenes de material de desecho cuyo manejo y eliminación se convierte en un problema. El aprovechamiento de este material por medio de su compostaje como sustrato de germinación y propagación de especies nativas aportaría un uso a la cantidad de masa generada. **[Objetivo]:** Validar el compost producido a partir de especies invasoras como sustrato para la propagación y crecimiento de especies nativas dentro del proceso de restauración ecológica en Bogotá - Colombia. **[Metodología]:** El compost utilizado se hizo a partir de cinco especies invasoras, principalmente de *Ulex europaeus* L. y *Genista monspessulana* (L.) L.A.S. Johnson con una maduración de 100 días. Se sembraron 50 semillas, de tres especies nativas en cinco tratamientos con diferentes proporciones de tierra negra y compost. Se evaluó la germinación, mortalidad, crecimiento epigeo e hipogeo y peso fresco y húmedo **[Resultados]:** *Verbena crassiramea* SF Blake presentó mayor germinación en el tratamiento con sustrato 100 % compost, seguido de 0 % compost, 75 %, 50 % y 25 % respectivamente. *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq., presenta un gradiente de germinación de 75 %, seguido de 50 %, 100 %, 0 % y 25 %. *Duranta mutisii* L.f. tiene un gradiente de germinación inverso. El sustrato con 25 % de compost mostró baja germinación y mayor mortalidad de *Dodonaea viscosa* y *Verbena crassiramea*. *Dodonaea viscosa* se desarrolló mejor en el sustrato con 75 % de compost, con mayor germinación, crecimiento de raíces, desarrollo aéreo y biomasa generada. **[Conclusiones]:** El compost, a partir de especies invasoras puede ser usado como sustrato para la propagación de especies nativas en etapas tempranas. No se evidenció la expresión de las especies invasoras, siendo una alternativa para disminuir la demanda de tierra negra.

Palabras clave: Biomasa; crecimiento; especies invasoras; germinación; mortalidad.

Abstract

[Introduction]: The control and management of invasive species generates high volumes of waste material whose management and disposal becomes a problem. The use of this waste material through the composting process could lead to a substrate with potential use as germination and propagation substrate of native species, therefore giving possible solutions to the quantity of mass generated in the control. **[Objective]:** Validate the compost produced from invasive species as a potential substrate for propagation and growth of native species within the process of ecological restoration in Bogotá - Colombia. **[Methodology]:** Fifty seeds of three native species were

¹ Investigadora del grupo de restauración ecológica, Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, Colombia.
cazula@jbb.gov.co; <https://orcid.org/0000-0002-0211-7005>



sown in five treatments with different proportions of black soil and compost. The compost raw materials were *Ulex europaeus* L and *Genista monspessulana* (L.) L.A.S. Johnson. To evaluate its use germination, mortality, epigeal and hypogeal growth were measured. [Results]: *Verbena crassiramea* S. F. Blake showed the highest germination in the substrate with 100 % compost followed by 0 % compost, 75, 50 and 25 % respectively. *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq., showed a germination gradient of 75 compost, followed by 50, 100, 0 and 25 %. *Duranta mutisii* L.f. had an inverse germination gradient. The substrate with 25 % compost caused the lowest germination and highest mortality of *Dodonaea viscosa* and *Verbena crassiramea*. *Dodonaea viscosa* grew best in substrates with 75 % compost, with the highest germination value, root growth, aerial development and biomass generated. [Conclusions]: Compost from invasive species, can be used as a substrate for the propagation of native species in early stages, the expression of invasive species was not evidenced, being an alternative to reduce the demand of soil.

Keywords: Biomass; germination; growth; invasive species; mortality.

1. Introducción

La llegada de las especies invasoras a los ecosistemas se ha convertido en la segunda causa de pérdida de la biodiversidad en el mundo. Esto sucede porque afectan la estructura y funcionalidad de los ambientes que invaden lo que convierte su manejo y control en retos para los procesos de restauración y recuperación (Alonso & Castro- Díez, 2015).

Las especies invasoras están caracterizadas por una alta tasa reproductiva, dispersión efectiva de semilla, modificación del suelo, apropiación del espacio al competir directamente con especies nativas, adquisición agresiva de recursos y generación de impactos negativos en el ecosistema que sufre la invasión (Ríos, 2005). Dentro del listado de especies invasoras en el mundo se encuentra el retamo espinoso (*Ulex europaeus* L), retamo liso (*Genista monspessulana* (L.) L.A.S Johnson), acacia amarilla (*Acacia decurrens* (J.C.Wendl.) Willd.), acacia negra (*Acacia melanoxylon* R. Br.) y por último eucalipto común (*Eucalyptus globulus* Labill), especies de especial interés para esta investigación. Las características invasoras se encuentran relacionadas con los bancos de semillas persistentes, ciclos de retroalimentación positiva con incendios y conformación de poblaciones monoespecíficas en zonas con un grado moderado de alteración (Alexander & D'Antonio 2003, García et al., 2010).

El retamo espinoso se encuentra distribuido en todos los continentes. En Suramérica, por ejemplo, llega hasta el sur de Chile (Ríos 2005). Esta especie se adapta con facilidad a los diferentes entornos en los que compite con especies de flora y fauna endémicas: Colombia, Estados Unidos, Canadá, Costa Rica, Brasil, Bolivia, Chile, Argentina, Islas Canarias, Australia, Sur África, Madagascar, India, Birmania y Japón, donde llega a invadir grandes porciones de estos ecosistemas nativos (Sanguino-Fernández, 2018). En el caso del retamo liso, aunque no es tan agresivo como el retamo espinoso, invade amplias zonas debido a que tiene mayor capacidad de penetración al interior de coberturas boscosas. Se encuentra reportado en Nueva Zelanda, Estados Unidos, Canadá y Australia; en Suramérica se ha identificado en Chile, Ecuador y Colombia (Ríos 2005, García et al., 2010). En Colombia, particularmente en la capital, la invasión del complejo de retamo liso y retamo espinoso trasciende el límite entre lo rural y lo urbano del



Distrito Capital, donde penetra áreas de interés para la conservación de la diversidad nativa, y llega a infestar más de 3 000 hectáreas (Hurtado, 2010).

Dentro del proceso de restauración y recuperación ecológica que adelanta el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis- JBB, en las zonas degradadas periurbanas de la capital, se realiza la eliminación y remoción de especies invasoras lo cual genera una gran cantidad de biomasa de la que se puede disponer. En el caso del complejo invasor retamo que presenta semillas latentes por largos periodos de tiempo, una producción de 600 000 semillas por kilogramo (Miranda, 2003), sumado a sus características pirogénicas y una alta tasa de colonización, germinación y viabilidad (Ríos, 2005), se le confieren atributos de residuos peligrosos en el transporte y disposición. Por lo que, es primordial hacer un manejo adecuado para evitar la propagación y regeneración de estas, minimizando el riesgo de invasión.

El uso de estos residuos en la producción de compost es una forma de cerrar el ciclo de residuos, con la consecuente optimización de recursos y la generación de subproductos aprovechables reduciendo costos. De aquí surge la necesidad de investigar la seguridad y viabilidad del uso de esta biomasa como sustrato para proveer alternativas que permitan reducir la cantidad de residuos generados, dándoles un uso adecuado y seguro dentro del mismo proceso de restauración. Se realizó el compost a partir de residuos de especies invasoras, como alternativa al uso de tierra en la germinación y crecimiento inicial de tres especies nativas usadas en el proceso de restauración ecológica. Las especies se seleccionaron por su importancia ecológica; en el caso del hayuelo (*Dodonaea viscosa* (L) Jacq) esta es una especie inductora de procesos de restauración para bosques secundarios, zonas secas y focos de erosión severa. El garbancillo (*Duranta mitisii* L. f), por ser una especie melífera, fomenta la formación de matorrales ornitócoros y ayuda en la restauración de potreros compactados (Mahecha *et al.*, 2012). Y por último cervetano (*Verbesina crassiramea* S.F. Blake), especie con una capacidad colonizadora de áreas bajo coberturas herbáceas y que permite la competencia por espacio con especies invasoras (Acosta, 2009).

2. Metodología

El proceso de compostaje se realizó a partir de *Ulex europaeus* y *Genista monspessulana* recolectados en los Cerros Orientales de Bogotá – sector de Torres del silencio; mientras que la *Acacia melanoxylon*, la *Acacia decurrens* y el *Eucalyptus globulus*, se colectó de la planta de tratamiento Vitelma en la localidad de San Cristóbal. El material se recolectó de individuos adultos en estado vegetativo, con una altura de 1.5 metros. Se utilizaron 344 m³ con una proporción de mezcla de *Genista monspessulana* 61 %, *Acacia melanoxylon* 20 %, *Ulex europaeus* 12.2 %, *Eucalyptus globulus* 5.2 %, y *Acacia decurrens* 1.45 %.

El montaje experimental se llevó a cabo en el Jardín Botánico José Celestino Mutis de Bogotá en la zona cubierta dispuesta para compostaje la elaboración del compost, en la cual se establecieron pilas de compost de 2 m de largo por 1.5 m de ancho y 0.8 m de alto, con material chipeado y dispuesto en cinco capas, constituida cada una de ellas por 3 componentes: una capa de retamo liso y espinoso fresco, una capa de tierra negra y una capa de material seco de acacia



negra y eucalipto. En el centro de la pila se dejó un hueco desde el piso para garantizar aireación y se humedeció con 25 litros de agua.

El proceso de elaboración del compostaje se llevó a cabo durante 100 días, con temperaturas promedio de 40 °C y una máxima de 62 °C. Se realizó el riego 9 veces y volteó 4 veces a los 55 días; esto último con el fin de reducir el riesgo de aparición de semillas. En el día 55 el material pasó por una máquina de bioextrusión que por medio de fricción y compresión aseguran la desfibración, destrucción de esquejes y semillas con potencial de germinación. Finalizados los 100 días del proceso de compostaje, se procedió al análisis físico - químico del sustrato para evaluar el cumplimiento de los rangos establecidos en la norma NTC 5167. Las variables evaluadas fueron humedad **Ecuación 1**, retención de agua **Ecuación 2**, cuantificación de cenizas **Ecuación 3**, pérdida por volatilización **Ecuación 4**, materia orgánica aproximada **Ecuación 5** y pH y conductividad eléctrica (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2011).

Porcentaje de humedad (H)

(E.1)

$$\% H = \frac{\text{Peso muestra húmeda} - \text{peso muestra seca} * 100}{\text{peso muestra húmeda}}$$

Retención de agua (RA)

(E.2)

$$RA = \% \text{ saturación} \frac{[A * 100] / W_m}{W_m} \frac{[100 - \% \text{ humedad}]}{100}$$

Donde:

W_m = Peso en gramos de muestra seca

A = Volumen Agua para llegar al punto de saturación

Cuantificación de cenizas por volatilización (PC)

(E.3)

$$\% PC = \frac{[\text{peso final} * 100] [100 - \% \text{ humedad}]}{\text{Peso inicial } 100}$$

Pérdida por volatilización de cenizas = 100-PC

(E.4)

Determinación materia orgánica (MO)

(E.5)

$$\% MO = \frac{\text{peso seco} - \text{peso cenizas} * 100}{\text{Peso seco}}$$



Para la validación del compost como componente de sustratos, se realizó el montaje de cinco tratamientos con diferentes proporciones de tierra y compost. La tierra utilizada tenía como características estándares un pH entre 5.6 a 7.5, conductividad eléctrica menor a 2 ds m⁻¹, carbono total, fósforo disponible, aluminio, bases totales, saturación de bases, elementos mayores, elementos menores, CIC (igual o superiores a 20 Cmol (+) Kg⁻¹ de suelo y una retención de humedad -22,-100 Kpa).

Los tratamientos varían en las proporciones de compost y tierra de la siguiente manera: 0 % compost (tierra 100:0 compost), 25 % compost (tierra 75: 25 compost), 50 % compost (tierra 50:50 compost), 75 % compost (tierra 25:75 compost) y por último 100 % compost (tierra 0:100 compost). Cada tratamiento con cinco réplicas. El montaje se efectuó en bandejas de germinación de 8 cm de profundidad por 25 cm de ancho por 80 cm de largo. Cada bandeja se dividió en ocho segmentos, destinándose para cada tratamiento cinco segmentos correspondientes a cada tratamiento.

En cada montaje o réplica, se sembraron 50 semillas de cada especie vegetal nativa por tratamiento. La selección de especies tuvo en cuenta diferentes velocidades de crecimiento en estadio plantular dentro de las especies que al momento del montaje experimental se encontraban en fructificación. Para el crecimiento rápido la especie seleccionada fue *Verbesina crassiramea* (cervetano), para el crecimiento intermedio *Dodonaea viscosa* (Hayuelo) y, por último, para el crecimiento lento *Duranta mutisii* (garbancillo).

El montaje experimental se llevó a cabo en el invernadero de la Subdirección Científica del Jardín Botánico José Celestino Mutis, el 03 de abril de 2012. Las muestras se mantuvieron bajo condiciones a 17+ 7 ° C de temperatura, 76 + 20 % de humedad relativa y riego por aspersión cada tercer día por 10 minutos. Las semillas se obtuvieron de fuentes semilleras trabajadas con anterioridad en el Vivero La Florida. En el caso de las semillas de *Duranta mutisii* (garbancillo), se colectaron en el JBB; con un proceso de escarificación por dos semanas pre germinativo para su posterior extracción, de acuerdo con los protocolos adelantados por la entidad en los que se presentaron los mejores resultados. La especie de crecimiento intermedio *Dodonaea viscosa* (Hayuelo) se recolectó en el parque metropolitano el Tunal y se dejó secar por tres días para la extracción de la semilla. Para la especie de crecimiento rápido *Verbesina crassiramea* (cervetano), se recolectó la inflorescencia en las instalaciones del JBB y se dejó secar 3 días para extraer con facilidad el fruto.

Para el control y seguimiento posterior a la siembra, se revisaron diariamente las bandejas con el fin de evaluar la germinación de las especies. Tras la germinación se registraron datos de número de individuos en cada réplica por sustrato. Cuando la cantidad de individuos era mayor o igual a cinco y los cotiledones habían emergido se procedía a tomar los datos de crecimiento de estos individuos semanalmente.

Para la validación de sustratos se tomaron datos de porcentaje de germinación por especie, se realizó la toma de datos de crecimiento, altura epigea e hipogeá, peso fresco y peso seco. Los valores tomados en términos de germinación fueron: día de inicio de la germinación (IG),



corresponde al tiempo transcurrido desde la siembra de las semillas hasta la germinación del 5 % de las semillas sembradas. El porcentaje de semillas germinadas se estimó mediante la **Ecuación 6** de la siguiente manera:

$$PG = (Sg/Ss) \times 100 \% \quad (\text{E.6})$$

Donde:

Sg= Semillas germinadas

Ss= Semillas sembradas

Se realizó la prueba Kolmorov- Smirnov para determinar la distribución de los datos, con una distribución paramétrica, se les realizaron pruebas de ANOVA, para determinar si se encontraban diferencias significativas entre tratamientos. En el caso de que se encontraran diferencias, se realizaron pruebas múltiples de rangos, prueba Kruskal Walls, comparativo entre variables. Por último, se realizó la prueba de Bray Curtis. Para el análisis de la información se usó el programa Past (Hammer *et al.*, 2001) y Statgraphics Centurion (2009).

3. Resultados y discusión

Las pruebas químicas se aplicaron al compost maduro y se relacionan en el **Cuadro 1**.

Cuadro 1. Resultados pruebas químicas compost maduro.

Table 1. Chemical test results of mature compost.

Variable	Resultado Promedio
Humedad (%)	37.25
Cenizas (%) s.m.s	30.9
Pérdida por volatilización (%) s.m.s	69.04
Materia orgánica aproximada (%) s.m.s	50.4
Densidad (g/cm ³) s.m.s	0.4786
pH	6.2
% saturación de agua	22.6
Conductividad dS/m	3.45



Los resultados obtenidos del análisis químico del compost se analizaron teniendo como parámetros los establecido en la norma NTC 5167 por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC, 2011). Como factor importante, la humedad (H) permite la movilidad de los microorganismos, el transporte de nutrientes y el flujo de oxígeno (Kulikowska y Gusiatin, 2015), el valor máximo permitido por la norma es de 35 % de humedad y la muestra obtuvo un valor de 37.25 % superior a lo establecido, pero evidencia la estabilización del compost. Con el secado se reduce el contenido de agua para así cumplir este parámetro normativo.

En relación con el porcentaje de ceniza, la norma indica que los valores deben ser inferiores al 60 %, y dado que el porcentaje de cenizas fue de 30.9 %, estos valores cumplirían con la norma. En el caso del pH, la norma establece que los valores deben oscilar entre el 4 y 9, la muestra de compost presentó valores de 6.2; el ideal está entre el 5.5 y 6.5. El pH del medio de cultivo controla las reacciones químicas que determinan si los nutrientes van a estar o no disponibles (solubles o insolubles) para su absorción; su uso como medio de germinación depende de las características de las especies a propagar (Iglesias-Díaz *et al.*, 2009). En relación con los contenidos de materia orgánica, se encontró que a mayor materia orgánica menor es el pH. Esto se evidencia en que la muestra reaccionó dentro de los rangos tendientes a lo ideal, con valores de pH de 6, lo cual permite la disponibilidad de nutrientes en el sustrato para las plantas (Brito *et al.*, 2015). En el caso de la materia orgánica, presentaron valores de 50.4 %; consecuente con resultados que superan el 50 % reportado por Iglesias- Díaz *et al.* (2009). La conductividad se encuentra ligada a la concentración de sales solubles en el sustrato, los valores al final del compostaje deben oscilar entre valores de 3.39 ± 0.73 a 5.23 ± 1.14 dS/m (Delgado *et al.*, 2019) para que facilite el manejo de la fertilización.

El compost maduro a partir de retamo puede ser difícil de digerir por la cantidad de lignina presente, lo cual puede llevar a causar la inmovilización de nutrientes. Por esta razón se sugiere la aplicación de aceleradores del proceso como estiércol vacuno que le da estabilidad y madurez al sustrato (Tighe-Neira *et al.*, 2014). En el caso de la densidad real, se encuentra ligada a los materiales de origen que le confieren sus características, ya que el compost obtuvo un valor de 0.47g/cm^3 , es decir, se encuentra en un rango adecuado al no superar los 0.6g/cm^3 recomendados (Soliva & López, 2004).

En el caso de germinación por sustrato **Cuadro 2**, *V. crassiramea* presentó una buena germinación en la mayoría de los sustratos, con los valores más altos entre los dos sustratos;: compost al 100 % y tierra al 100 % respectivamente. Los valores más bajos para *D. viscosa* y *V. crassiramea* se encontraron en el mismo sustrato que tenía una relación de 25 % compost. Los valores para *Duranta mutisii* presentaron valores bajos para la germinación de la especie. En términos de germinación se realizaron ANOVAs, encontrando que hubo diferencias significativas en el porcentaje de germinación de las tres especies (95 % de confianza $FC= 3.85$) por lo cual se realizó una prueba de múltiples rangos. Esta prueba evidenció que *D. mutisii* presenta valores significativamente diferentes en relación con *D. viscosa* y *V. crassiramea*. En el caso de los diferentes sustratos, $-F =$ es igual a 0.0489557, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado



dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 5 variables con un nivel del 95.0 % de confianza.

Cuadro 2. Resultados de germinación por mezcla de sustrato (tratamiento).
Table 2. Germination results by mixing substrate (treatment).

Tratamiento (Proporción tierra: compost)	<i>Dodonaea viscosa</i>	<i>Verbesina crassiramea</i>	<i>Duranta mutisii</i>
0 % Compost (100:0)	52	74	12.5
25 % Compost (75:25)	68	60	4.0
50 % Compost (50:50)	56	56	4.8
75 % Compost (25:75)	48	56	4.2
100 % Compost (0:100)	48	66	4.0

Los resultados se compararon con la información recopilada en el vivero de propagación masiva La Florida del Jardín Botánico José Celestino Mutis en el 2009. **Cuadro 3** La germinación de la *V. crassiramea* son altos en la muestra con 100 % compost, con una germinación de 74 % y un inicio de germinación a los 7 días, los resultados obtenidos en el vivero la Florida presentaron valores de germinación más altos, que los resultados de la investigación con 79 % de germinación en el sustrato de 70 % tierra 30 % cascarilla con cinco días de germinación. En una investigación adelantada por el grupo de restauración de la Universidad Nacional de Colombia sobre los rasgos de *V. Crassiramea* la germinación se presentó a los 10 días con un porcentaje de germinación más alto, con un tratamiento de 15 horas de inmersión y valores que oscilan entre los 77 % a 92 % (Franco & Vargas, 2009), valores superiores a los encontrados en esta investigación.

En el caso de *D. viscosa*, el porcentaje de germinación más alto se presentó en esta validación con una germinación del 68 % en el sustrato de 75 % compost a los seis días, comparativamente con los resultados de germinación en el Vivero La Florida, la germinación registrada es del 60 % en un sustrato de 70 % tierra y 30 % cascarilla, iniciando la germinación a los 15 días; en la propagación realizada en la micro cuenca del rio la Vega se reportan los valores más bajos de la especie con un porcentaje de germinación de 21 % en sustrato de tierra negra y cascarilla en relación de tres a uno (Acero-Nitola & Cortés-Pérez, 2014).

Dentro de los resultados de esta investigación, *Duranta mutisii* registró el tiempo de germinación más lenta (20 días) y más baja (12.5 %), mientras que en la propagación masiva en el Vivero La Florida la germinación fue del 45 % iniciando la germinación a los 16 días en un sustrato 100 % arena. Pérez (2009) obtuvo una germinación del 30 % iniciando en 13 días en un sustrato



con 75 % tierra 25 % turba. La calidad de la semilla es un factor determinante en la germinación ya que está relacionado con el vigor y la viabilidad (López *et al.*, 2016). Aunque las semillas fueron recolectadas en las mismas fuentes semilleras que las de Pérez (2009), la madurez de estas mismas y la calidad pudo tener un efecto en los resultados de *D. Mutisii* ya que los porcentajes de germinación están muy por debajo de los otros dos estudios mencionados, sumado a que las semillas de la especie presentan testas duras que dificultan la germinación (Acero-Nitola & Cortés-Pérez, 2014), y podría favorecer un mejor proceso de escarificación.

En un estudio desarrollado en Quebec (Canadá) se establece la premisa de que las semillas pequeñas tienen menor germinación y sobrevivencia (St-Denis *et al.*, 2013); sin embargo, los resultados de esta investigación no validan esa información en términos de germinación pero si de mortalidad, ya que la germinación más baja la presenta la especie con semilla de mayor tamaño (*Duranta mutisii*) y la germinación más alta la presentó *Verbesina crassiramea*, la cual tiene semillas pequeñas con el mayor porcentaje de mortalidad.

Cuadro 3. Resultados de germinación de tres especies nativas en diferentes sustratos-tratamientos.
Table 3. Germination results of three native species in different substrate- treatments.

Información recopilada	Especie	Días inicio germinación	% de germinación	Sustrato
Protocolo de investigación (Pérez, 2009)	<i>Verbesina crassiramea</i>	10	8.4	80 % tierra, 10 % turba, 10 % cascarilla
	<i>Dodonaea viscosa</i>	n/a	n/a	n/a
	<i>Duranta mutisii</i>	13	30	75 % tierra 25 % turba
Propagación masiva Vivero La Florida (Restrepo, 2009)	<i>Verbesina crassiramea</i>	5	79	70 % tierra y 30 % cascarilla
	<i>Dodonaea viscosa</i>	15	60	70 % tierra y 30 % cascarilla
	<i>Duranta mutisii</i>	16	45	100 % arena
	<i>Verbesina crassiramea</i>	7	74	100 % compost
Resultados de esta validación	<i>Dodonaea viscosa</i>	6	68	75 % compost 25 % tierra
	<i>Duranta mutisii</i>	20	12.5	0 % compost 100 % tierra

Estos resultados favorecen la hipótesis de que el medio para el crecimiento de *Verbesina crassiramea* con compost afecta su crecimiento. Esto porque el compost para el sustrato se generó a partir de especies altamente lignificadas como el *Ulex europaeus* que inhibe o retrasa la descomposición de nutrientes y puede llegar a afectar el desarrollo radicular dependiendo de la susceptibilidades de algunas especies, a los niveles de nutrientes del retamo (Brito *et al.*, 2013; Iglesias-Díaz *et al.*, 2009). Para mitigar estas susceptibilidades a los niveles excesivos de nutrientes, se puede mezclar con otros sustratos y la afectación a las plantas disminuye (Brito *et al.*, 2015). Tanto *Dodonaea viscosa* como *Verbesina crassiramea* presentan crecimientos menos



significativos a medida que pasa el tiempo; la causa podría deberse a la competencia que están ejerciendo las plantas por la captación de nutrientes.

Las dos especies (*Verbesina crassiramea* y *Dodonaea viscosa*) presentaron los valores más altos de mortalidad en el sustrato de 50 % compost (1.4 y 10 % respectivamente). El comportamiento de las dos especies también fue similar en cuanto a la baja mortalidad en el sustrato de 100 % compost, para el caso de *V. crassiramea* representado con un 4.3 % y *D. viscosa* con un 8.5 % de mortalidad en dos sustratos: el de 100 % compost y 0 % de compost. *D. mutisii* no tuvo expresión de individuos en las muestras para el análisis de mortalidad.

En relación con el crecimiento plantular, se realizó el seguimiento a *Dodonaea viscosa* y *V. Crassiramea*, *D. mutisii* no tuvo seguimiento de crecimiento ya que solo en una réplica presentó cinco individuos y las muestras no fueron homogéneas. El crecimiento para *V. crassiramea* evidenció que el sustrato con 0 % compost tiene un crecimiento mayor (4.04 cm) mientras que en el sustrato de 100 % y de 55 % compost, el crecimiento plantular se mantuvo con aumento en altura pequeño en cada muestreo y a partir del 31 de mayo hubo un mayor incremento en altura.

Se realizó ANOVA encontrando que $F =$ es igual a 7.55279, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 10 variables con un nivel del 95.0 % de confianza.

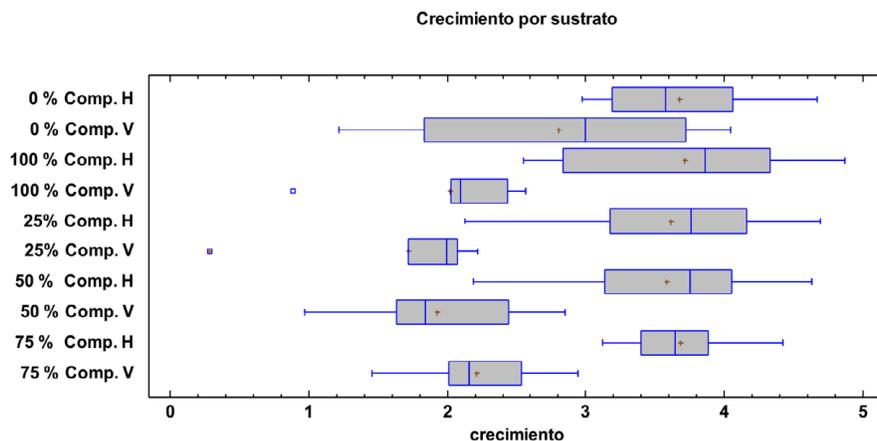


Figura 1. Cajas y bigotes entre sustratos de acuerdo con los datos de crecimiento de h = hayuelo (*Dodonaea viscosa*) y v = cervetano (*Verbesina crassiramea*).

Figure 1. between substrates according to the growth data of h= hayuelo (*Dodonaea viscosa*) and v= cervetano (*Verbesina crassiramea*).

Teniendo en cuenta que se identificaron diferencias significativas en el crecimiento plantular, se realizó una prueba de medias en donde se identificaron 4 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente



para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. *V. crassiramea* presenta la mayor altura en el sustrato con compost al 0 % que se encuentra en un grupo separado de las muestras con 50, 100 y 75 % respectivamente, y otro grupo aislado de sustrato al 25 % de compost. En el caso de *Dodonaea viscosa*, los datos están agrupados en dos grandes grupos. Los datos más similares son el de compost al 75 y 100 %, agrupado en un grado inferior de similitud con el compost al 100 %, y un grupo separado representado por compost al 25, 50 y 0 % (**Cuadro 4**).

Cuadro 4. LSD de Fischer sustratos de acuerdo con los datos de crecimiento de h = hayuelo (*Dodonaea viscosa*) y v = cervetano (*Verbesina crassiramea*).

Table 4. Fisher LSD between substrates according to the growth data of h= hayuelo (*Dodonaea viscosa*) and v= cervetano (*Verbesina crassiramea*).

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
25 % Comp. V	6	1 715	X
50 % Comp. V	6	1 929	XX
100 % Comp. V	6	2 017	XX
75 % Comp. V	6	2 210	XX
0 % Comp. V	6	2 803	XX
50 % Comp. H	6	3 585	XX
25% Comp. H	6	3 612	XX
0 % Comp. H	6	3 674	XX
75 % Comp. H	6	3 683	X
100 % Comp. H	6	3 716	X

Franco realizó el seguimiento a las etapas tempranas de crecimiento de la especie (*V crassiramea*); encontró que transcurrido el primer mes posterior a la germinación, la altura de la especie alcanzada era de 1.17 cm (Franco & Vargas, 2009), valores que se encuentran por debajo de los obtenidos en esta investigación con valores sobre 1.63 cm (Figura 2). El suelo en el cual se encuentra las especies tiene inherencia en el crecimiento de las mismas (Cabrera, 2009) lo cual, puede justificar que en su crecimiento inicial no presentó un mayor crecimiento con una altura de 4.04 cm; mientras que *Dodonaea viscosa* presenta mayor rango de altura en los cinco tratamientos.

Estos resultados favorecen la hipótesis de que el medio para el crecimiento de *Verbesina crassiramea* con compost afecta su desarrollo. El sustrato se generó a partir de especies altamente lignificadas como el *Ulex europaeus* que inhibe o retrasa la descomposición de nutrientes y puede llegar a afectar el desarrollo radicular dependiendo de la susceptibilidades de algunas especies, a los niveles de nutrientes del retamo (Brito *et al.*, 2013; Iglesias-Díaz *et al.*, 2009). Para mitigar estas susceptibilidades a los niveles excesivos de nutrientes, se puede mezclar con otros sustratos para que la afectación a las plantas disminuya (Brito *et al.*, 2015). Tanto *Dodonaea*



viscosa como *Verbesina crassiramea* presentan crecimientos menos significativos a medida que pasa el tiempo, esto podría deberse a la competencia que están ejerciendo las plantas por la captación de nutrientes.

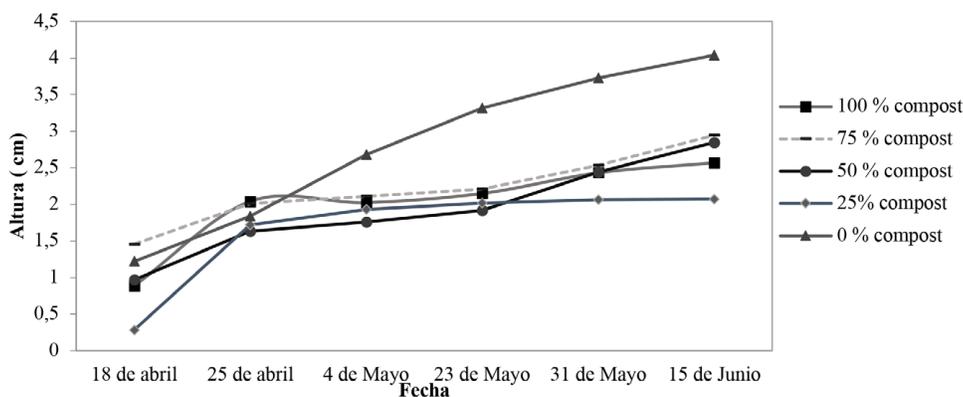


Figura 2. Crecimiento plantular de cervetano (*Verbesina crassiramea*) en sustratos compuestos por diferentes mezclas de compost.

Figure 2. Seedling growth of cervetano (*Verbesina crassiramea*) in substrates composed by different mixtures of compost.

Dodonaea viscosa presentó crecimientos similares a lo largo del seguimiento en los cinco tratamientos, el tratamiento con 100 % compost exhibió mayores alturas con 4.86 cm y la altura mínima de la especie se encontró en el sustrato de 75 % compost con 4.42 cm (**Figura 3**).

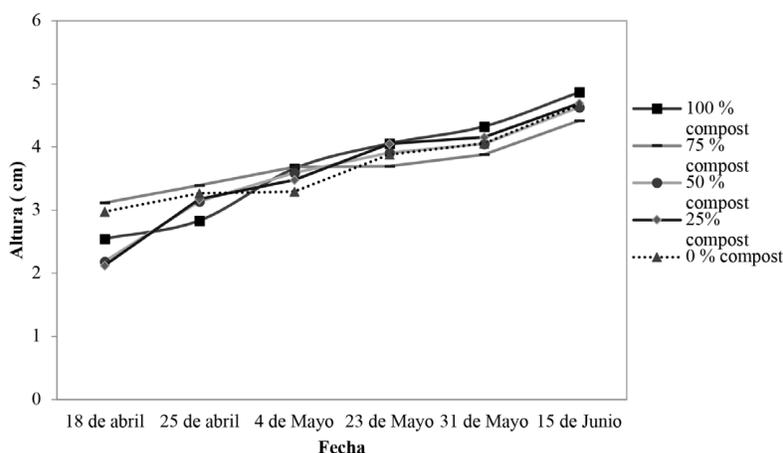


Figura 3. Crecimiento plantular de hayuelo (*Dodonaea viscosa*), en sustratos compuestos por diferentes mezclas de compost: tierra (Tto 1 al Tt5).

Figure 3. Seedling growth of hayuelo (*Dodonaea viscosa*) in substrates composed by different mixtures of compost: soil (Tto 1 to Tt5).



La altura epigea para *Dodonaea viscosa* presentó crecimiento similar en el sustrato con compost al 75 % y 100 %; la mayor altura hipogea y más baja epigea se presentó en el mismo sustrato que corresponde al sustrato con 0 % compost. *Verbesina crassiramea* exhibió los datos de mayor crecimiento tanto hipogeo como epigeo en el sustrato con 0 % compost, siendo la altura hipogea mayor en todos los sustratos (**Cuadro 5**).

Cuadro 5. Altura epigea e hipogea de hayuelo (*Dodonaea viscosa*) y cervetano (*Verbesina crassiramea*) en sustratos compuestos por diferentes mezclas de compost: tierra.

Table 5. Epigeal and hypogea height of hayuelo (*Dodonaea viscosa*) and cervetano (*Verbesina crassiramea*) in substrates composed of different mixtures of compost: soil.

Tratamiento (Tto 1 al Tt5)	<i>Dodonaea viscosa</i>		<i>Verbesina crassiramea</i>	
	Altura epigea	Altura Hipogea	Altura epigea	Altura Hipogea
100 %	26.70	21.0	13.1	27.30
75 %	26.74	22.7	14.7	26.72
50 %	24.12	17.3	12.3	25.48
25 %	28.66	21.6	14.9	24.00
0 %	22.00	27.4	22.2	32.00

La prueba Anova-F= es igual a 2 092 que es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 10 variables con un nivel del 95.0 % de confianza.

Los datos más similares son el del *D. viscosa* en el sustrato con 0 compost y 100 % compost; mientras que los datos de cervetano son los que menos similaridad presentaron. Los más disímiles son los de compost al 100, 50 y al 25 % respectivamente. En general los datos que más se parecen no son de la misma especie y son los de *D. viscosa* en sustrato 100 % compost y *V. crassiramea* al 0 % compost. En el caso de crecimiento epigeo los datos con mayor similitud son de *D. viscosa* y *V. crassiramea* en el sustrato al 0 % de compost, como se observa en la **Figura 4**.

Para un buen desarrollo, la planta debe presentar un crecimiento proporcional tanto epigeo como hipogeo. En el caso de *Verbesina crassiramea*, en términos generales, el crecimiento del sistema hipogeo fue mayor que el epigeo en todos los tratamientos, con mayor altura en el tratamiento con 0 % compost con una altura radicular de 32 cm. La raíz principal larga presenta raíces secundarias no densificadas, como sugiere una investigación adelantada en Chile, en la cual se establece que una raíz larga, permite la exploración de áreas de suelo de mayor volumen, lo que aumenta la sobrevivencia de la planta (Layne-Garsaball *et al.*, 2008). Un sistema radicular desarrollado incide en la supervivencia y crecimiento vigoroso tras trasplante de la plántula. Esto sucede especialmente si el suelo tiene poca fertilidad (Di Stefano & Fournier, 1999) lo que implicaría que *V. crassiramea* tiene buenas cualidades de desarrollo en estos sustratos que podrían mejorar su adaptación en el trasplante.



En el caso de *Dodonaea viscosa*, el crecimiento epigeo en el tratamiento con 25 % compost, es el que mayor altura presenta; de los cinco tratamientos, en cuatro tratamientos el crecimiento epigeo es mayor que el hipogeo. En el tratamiento con 0 % compost el desarrollo hipogeo es mayor con una altura de 27.4 cm. Las raíces de la especie presentan una mayor densidad de raíces secundarias que en el caso de *Verbesina crassiramea* con una raíz principal más pequeña; cabe destacar que el genotipo de la planta juega un papel importante en el tipo de crecimiento radicular (Di Stefano & Fournier, 1999) que influencia el tipo de crecimiento epigeo.

Tras finalizado el muestreo se realizó una muestra destructiva con el fin de medir el peso fresco y seco de cinco plántulas de cada especie y poder determinar si presentaban diferencias significativas dependiendo del sustrato donde germinaron. El peso fresco de las especies mostró una distribución aleatoria; *D. viscosa* presentó valores altos en el sustrato con 50 % compost, seguido de 25, 0, 100 y por último 75 %. *V. crassiramea* presentó valores más altos de peso fresco en el sustrato de 75 % compost seguido por el sustrato con 0 %.

En el sustrato con compost con 0 % las dos especies vegetales expresaron un peso fresco proporcional entre ellas. El sustrato de 75 % fue el sustrato en el que *D. viscosa* mostró mayor germinación y, sin embargo, menor peso fresco de las plántulas. El peso seco representa la biomasa disponible de las dos especies. Como se puede observar en la **Figura 4** el peso seco de *D. viscosa* fue mayor que el peso seco del *V. crassiramea* en todos los sustratos.

En las pruebas de ANOVA, el valor de-F= es igual a 0.622292; este es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 10 variables con un nivel del 95.0 % de confianza.

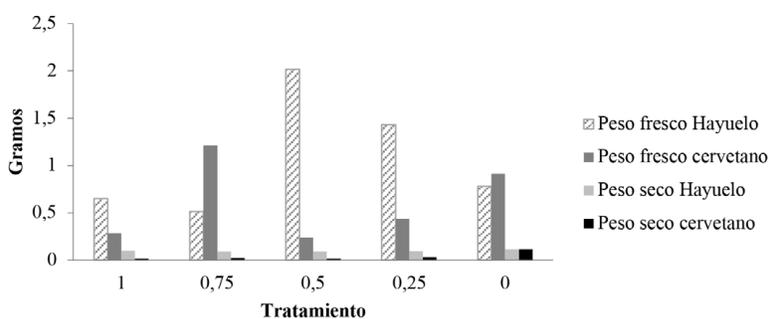


Figura 4. Gráfica comparativa de peso fresco de hayuelo (*Dodonaea viscosa*) y cervetano (*Verbesina crassiramea*), en sustratos compuestos por diferentes mezclas de compost.

Figure 4. Comparative graph of fresh weight of hayuelo (*Dodonaea viscosa*) and cervetano (*Verbesina crassiramea*), in substrates composed of different mixtures of compost.

En cuanto al peso fresco *Verbesina crassiramea* presenta los valores más altos en el tratamiento con 75 % compost (1.21 g) mientras que *Dodonaea viscosa* presenta el valor más alto de peso fresco en el sustrato con el 50 % compost (2.01 g). En las plántulas, las estructuras foliares



presentan la mayor cantidad de peso fresco equivalente al mayor contenido de agua, dadas las funciones que desarrollan como el transporte de nutrientes, el intercambio de gases y los procesos fotosintéticos. A medida que la planta crece, el tallo representa la mayor proporción del peso seco, al volverse más lignificadas y fibrosas, disminuyendo el contenido de humedad (Bänziger *et al.*, 2016). Dado que en la investigación no se presentan hojas muertas de los individuos muestreados, el sustrato mantiene las condiciones de humedad para el desarrollo de las plantas y su crecimiento. En cuanto al peso seco *V. crassiramea* es la especie que presenta los mayores valores con 0.11 g de material seco en el tratamiento con 0 % compost.

Mora-Cuchimba (2017) realizó un estudio sobre usos alternativos de retamo espinoso en Colombia, en donde se evalúa su potencial como materia prima para hacer agro mantos. Indica que este se biodegrada fácilmente, convirtiéndose en un insumo adecuado para ser usado como medio de compost. Sin embargo, manifiesta que el uso de esta especie no genera impacto negativo y de contaminación al medio ambiente; lo cual debe ser considerado con mayor detenimiento por la capacidad de reproducción vegetativa de la especie y su potencial invasor en algunos países. En Colombia, en el 2018, se emitió la Resolución No. 0684 por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el cual establece los lineamientos para la prevención y el manejo integral del *Ulex europaeus* y *Genista monspessulana*. En el cual se incluyen pautas para los residuos generados por esta especie, para el que la Bioextrusión es una alternativa de manejo eficaz que permite reducir el riesgo de propagación de la especie.

De acuerdo con López (2017), el compostaje a base de retamo a pequeña escala y con un tiempo de producción de nueve meses, se consigue la producción de compost maduro y estable para cumplir los requerimientos como sustrato de crecimiento. Tal afirmación es consecuente con lo manifestado por Gavidia y León (2016) y con los resultados de la presente investigación. De ello se concluye que es posible proveer una alternativa viable de uso de compost a partir de especies invasoras como sustrato para la germinación, en especial si se utiliza la bioextrusión que reduce el tiempo de maduración del compost al igual que la destrucción de semilla. Ambos factores hacen seguro el uso de este sustrato bajo condiciones controladas.

4. Conclusiones

El compost a partir de especies invasoras es un sustrato viable en la propagación de especies nativas. Si bien no presenta resultados superiores a la tierra, sí es una alternativa para algunas especies nativas, especialmente aquellas de crecimiento rápido. Se recomienda enriquecerlo para que los aportes fomenten el incremento característico de las especies. *Duranta mutisii*, no obtuvo los resultados deseados en germinación, lo cual pudo ser influenciado por la calidad de la semilla y la preferencia por sustratos más arenosos.

Así las cosas, adelantar nuevos estudios sobre el uso de compost de retamo como medio de propagación en espacios controlados con otras especies nativas propias o representativas del bosque andino, es importante para ampliar la base de conocimiento comparativo sobre el



potencial de germinación de las especies nativas propias de aquellas áreas en las que el complejo invasor ha tenido sus mayores efectos.

5. Ética y conflicto de intereses

Las personas autoras declaran que han cumplido totalmente con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; que todas las fuentes financieras se mencionan completa y claramente en la sección de agradecimientos; y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

6. Referencias

- Acero-Nitola, A. M., & Cortés-Pérez, F. (2014). Propagación de especies nativas de la microcuenca del río La Vega, Tunja, Boyacá, con potencial para la restauración ecológica. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38(147), 195–205. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.76>
- Acosta M. (2009). Estado actual y distribución de las poblaciones de *Centronia mutisii*, *Brunellia comocladifolia*, *Rhamnus goudotiana*, *Verbesina crassiramea* y *Smallanthus pyramidalis*. Bogotá. Jardín Botánico José Celestino Mutis.
- Alexander, J. M., & D'Antonio, C. M. (2003). Seed Bank Dynamics of French Broom in Coastal California Grasslands: Effects of Stand Age and Prescribed Burning on Control and Restoration. *Restoration Ecology*, 11(2), 185-197. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2003.00169.x>
- Alonso, A., Castro-Díez, P. (2015). Las invasiones biológicas y su impacto en los ecosistemas. *Ecosistemas* 24(1), 1-3. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2015.24-1.01>
- Bänziger, M., Edmeades, G. O., & Bolaños, J. (2016). Relación entre el peso fresco y el peso seco del rastrojo de maíz en diferentes estados fenológicos del cultivo. *Agronomía Mesoamericana*, 8(1), 20. <https://doi.org/10.15517/am.v8i1.24719>
- Brito, L. M., Reis, M., Mourão, I., & Coutinho, J. (2015). Use of acacia waste compost as an alternative component for horticultural substrates. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(14), 1814-1826. <https://doi.org/10.1080/00103624.2015.1059843>
- Brito, L. M., Mourão, I., Coutinho, J., & Smith, S. (2013). Composting for management and resource recovery of invasive Acacia species. *Waste Management and Research*, 31(11), 1125-1132. <https://doi.org/10.1177/0734242X13502384>



- Cabrera, D. M. & Vargas, O. (agosto, 2009). Crecimiento diferencial de *Verbesina crassiramea* (Asteraceae) sobre suelos alterados en predios del embalse de Chisacá (Localidad de Usme, Bogotá D.C.). *Restauración Ecológica En Zonas Invasidas Por Retamo Espinoso y Plantaciones Forestales de Especies Exóticas*, 177-194.
- Di Stefano, F. J., & Fournier, L. A. (1999). Crecimiento de la parte aérea y radicular de plántulas de *Enterolobium cyclocarpum* (Guanacaste), Ciudad Colon, Costa Rica (1). *Agronomía Costarricense*, 23(1), 77. <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA109220313&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=03779424&p=IFME&sw=w&userGroupName=anon%7E6bd5823e>
- Delgado, M. D. M., López, K., González, M., Lluch, J., & Martín, J. (2019). Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 35. 965-977. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.04.15>
- Franco, L. & Vargas, O (enero, 2009). Rasgos de *Verbesina crassiramea* Blake de importancia en estrategias de control de especies invasoras en los alrededores del embalse de Chisacá. *Restauración Ecológica En Zonas Invasidas Por Retamo Espinoso y Plantaciones Forestales de Especies Exóticas*, 148-175.
- García, R. A., Pauchard, A., Cavieres, L. A., Peña, E., & Rodríguez, M. F. (2010). El fuego favorece la invasión de *Teline monspessulana* (Fabaceae) al aumentar su germinación. *Revista chilena de historia natural*, 83(3), 443-452. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2010000300011>
- Gavidia B.A., y León, Y.M. (2016). *Evaluación preliminar de la producción de Pleurotus pulmonarius en vainas de frijol (Phaseolus vulgaris), vainas de arveja (Pisum sativa) y tamo de retamo espinoso (Ulex europaeus) como sustratos orgánicos* [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Repositorio Universidad Distrital Francisco José De Caldas. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/2933>
- Hammer, O., Harper, D. y Ryan, P. (SF). (2001). PAST: Paquete de Programas de estadística paleontológica para enseñanza y análisis de datos. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/spain.htm
- Hurtado, G.H. (2010). Estudio sobre las técnicas de conversión, como mecanismo de eliminación de residuos vegetales provenientes de la intervención de la cobertura vegetal en el marco del proceso de mitigación de incendios forestales y restauración ecológica. Informe final. Contrato 0737-2009. Convenio Interadministrativo de cooperación 0042-2008. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. 2010. p. 120.



- Iglesias-Díaz, M. I., Lamosa, S., Rodil, C., & Díaz-Rodríguez, F. (2009). Root development of *Thuja plicata* in peat-substitute rooting media. *Scientia Horticulturae*, 122(1), 102-108. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.04.005>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2011). Norma Técnica Colombiana NTC 5167. Bogotá D.C. https://www.cenicana.org/wp-content/uploads/2019/10/NTC_5167.pdf
- Kulikowska, D., Z. & Gusiatin. (2015). Sewage sludge composting in a two-stage system: Carbon and nitrogen transformations and potential ecological risk assessment. *Waste Manag.* 38, 312-320. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.12.019>
- Layne-Garsaball, J. A., Méndez-Natera, J. R., & Mayz-Figueroa, J. (2008). Efecto de la salinidad y del tamaño de la semilla sobre la germinación y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de laboratorio. *TIP. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 11(1), 17-25. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292007000200004>
- López, J., Torres, N., Saldivar, R., Reyes, I., & Argüello, B. (2016). *Técnicas Para Evaluar Germinación, Vigor y Calidad Fisiológica de Semillas Sometidas a Dosis de Nanopartículas*. En: 2º Mini Simposio-Taller de Agronotecnología. Centro de Investigación en química Aplicada (CIBQ), 129-140.
- López-López, N. (2017). *Use of gorse compost as growing media in organic agriculture* [Tesis de grado, Universidad de Santiago de Compostela] Repositorio institucional de la Universidad de Santiago de compostela. <http://hdl.handle.net/10347/15604>
- Mora-Cuchimba, S. G. (2017). *Potencial del retamo espinoso Ulex europaeus. como materia prima para la elaboración de agromantos, según su resistencia a la tracción*. [Tesis de grado, Universidad de la Salle] Repositorio institucional de la Universidad La Salle. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/320
- Pérez, B. (2009). *Protocolo de propagación de especies priorizadas para la restauración ecológica*. Bogotá: Jardín Botánico José Celestino Mutis. Subdirección Científica.
- Mahecha, G.E., Ovalle, A., Camelo, D., Roza, A., & Barrero, D. (2012). Vegetación del territorio CAR, 450 especies de sus llanuras y montañas. Bogotá. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca- CAR.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Resolución No. 0684 por la cual se establecen los lineamientos para la prevención y el manejo integral del *Ulex europaeus* y *Genista monspessulana*. https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambientes_0684_2018.htm



- Miranda, V. (2003). Caracterización del banco edáfico de *Genista monspessulana* (L.) K. Koch en tres sitios de la provincia de Concepción. (Tesis de pregrado, Facultad de Ciencias Forestales). Concepción (Chile): Universidad de Concepción. 133 p.
- Restrepo-Quiceno, D. Informe final Contrato No. 674-2009, Jardín Botánico José Celestino Mutis.
- Ríos, H. F. (2005). *Guía técnica para la restauración ecológica de áreas afectadas por especies vegetales invasoras en el distrito capital: Complejo invasor retamo espinoso (Ulex europaeus L.) - retamo liso (Teline monspessulana (L) C. Koch.)*. Colombia, Jardín Botánico Jose Celestino Mutis (Primera ed).
- Sanguino-Fernández, J. A. (2018). Identificación de impactos generados por el retamo espinoso en la Vereda Santa Rosa Localidad Ciudad Bolívar. *Boletín Semillas Ambientales*, 12(1), 160-164. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/bsa/article/view/13628>
- St-Denis, A., Messier, C., & Kneeshaw, D. (2013). Seed size, the only factor positively affecting direct seeding success in an abandoned field in Quebec, Canada. *Forests*, 4(2), 500–516. <https://doi.org/10.3390/f4020500>
- Soliva, M., & López, M. (2004). *Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso*. En: *Formación de técnicos para el tratamiento y gestión de lodos de depuradora*. 20. <http://gidr.gesfer.cat/tractaments/els-principals-tractaments/calidad-compost-lodos.pdf>
- Statgraphics Centurion. (2009). X. V. I. Statpoint Technologies. INC. version, 16, 17. St-Denis, A., Messier, C. & Kneeshaw, D. (2013). Seed size, the only factor positively affecting direct seeding success in an abandoned field in Quebec, Canada. *Forests*, 4(2), 500-516. <https://doi.org/10.3390/f4020500>
- Tighe-Neira, R., Leonelli-Cantergiani, G., Montalba-Navarro, R., Cavieres-Acuña, C., & Morales-Ulloa, D. (2014). Caracterización de compost a base de espinillo en relación a la Norma Chilena N°2880. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 347-355. <https://doi.org/10.15517/am.v25i2.15442>

