

CARACTERIZACIÓN DE COMPOST A BASE DE ESPINILLO EN RELACIÓN A LA NORMA CHILENA N°2880¹

Ricardo Tighe-Neira², Gina Leonelli-Cantergiani², René Montalba-Navarro³, Carolina Cavieres-Acuña²,
Daniza Morales-Ulloa²

RESUMEN

Caracterización de compost a base de espinillo en relación a la Norma Chilena N°2880. El objetivo de este estudio fue caracterizar el compost a base de espinillo (*Ulex europaeus* L.) y contrastar sus características físico-químicas con las de la Norma Chilena de compost (NCh 2880). El ensayo se montó en el Centro Experimental Pillanlelún, Temuco, Chile, entre diciembre 2010 y abril de 2011. Se empleó un diseño factorial de 2x2, los factores fueron: mezcla y acelerador de compostaje (AC), ambos en dos niveles. Cuatro tratamientos: T1 *U. europaeus* (100%) sin AC, T2 *U. europaeus* (78%) + estiércol de bovino (22%) sin AC, T3 *U. europaeus* (100%) con AC y T4 *U. europaeus* (78%) + estiércol de bovino (22%) con AC. Se evaluó el contenido de materia orgánica (MO%), C orgánico total (%), relación C:N, N total (%), humedad (H%), tamaño partículas (TP%), toxicidad (% germinación de *Raphanus sativus* L.), pH, densidad aparente (DAP kg/m³), conductividad eléctrica (CE dS/m) y germinación de malezas (N° de propágulos). Los tratamientos *U. europaeus* (100%) sin AC y con AC presentaron mayor %MO, %N total y relación C:N que T2 y T4. A la vez, *U. europaeus* (100%) sin AC, presentó un menor %C y T2 menor pH en comparación al resto de los tratamientos. Las demás variables evaluadas no presentaron diferencias significativas. Todas cumplieron con la NCh 2880, excepto toxicidad en el tratamiento con solo *U. europaeus*, y la CE en todos los tratamientos. Se debe reducir la CE para poder optar a su certificación por la NCh 2880.

Palabras clave: *Ulex europaeus*, malezas, materia orgánica, compostaje.

ABSTRACT

Characterization of compost from gorse regarding the Chilean Standard N°2880. The objective of this study was to characterize compost from *Ulex europaeus* L. and contrast its physical and chemical characteristics with the compost Chilean Standard (NCh 2880). The trial was set up at the Pillanlelun Experimental Centre, Chile, from December 2010 to April 2011. The test corresponded to a 2x2 factorial design in which the factors were: mixture and the composting accelerator (AC), both at two levels. The four treatments were: T1 *U. europaeus* (100%) without AC, T2 *U. europaeus* (78%) + bovine manure (22%) without AC, T3 *U. europaeus* (100%) with AC and T4 *U. europaeus* (78%) + bovine manure (22%) with AC. The organic matter content (OM%), total C (%), C:N ratio, total N (%), moisture (H%), particle size (TP%), toxicity (% germination of *Raphanus sativus* L.), pH, bulk density (DAP kg/m³), electrical conductivity (EC ds/m) and weed germination (N° of propagules) was evaluated. The main results indicate that T1 and T3 had higher %OM, total %N and C:N ratio than T2 and T4, simultaneously. T1 had a lower %C and T2 a lower pH compared to all other treatments. Other variables evaluated were not significantly different. All variables meet the NCh 2880, except toxicity in the treatment with *U. europaeus* without AC, and EC in all treatments. Research should be aimed at reducing the EC, in order to be eligible for certification by the NCh 2880.

Keywords: *Ulex europaeus*, weeds, organic matter, composting.

¹ Recibido: 10 de enero, 2014. Aceptado: 30 de junio, 2014. Este trabajo es parte de una tesis de pregrado de la cuarta autora. Universidad Católica de Temuco, Chile.

² Universidad Católica de Temuco. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Agronomía. Rudecindo Ortega 02950. Temuco. Chile. rtighe@uct.cl (autor para correspondencia), ginale@uct.cl, cca1984@gmail.com, dmoralesu@uct.cl

³ Universidad de La Frontera. Francisco Salazar 1145. Temuco. Chile. rene.montalba@ufro.cl



INTRODUCCIÓN

El compost es un producto estable que resulta del reciclaje de residuos orgánicos. Se utiliza como acondicionador del suelo y fuente de nutrientes para las plantas (Sanabria-León et al., 2007), tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio (Eneji et al., 2001).

Existen variadas fuentes orgánicas con las cuales se produce compost, dentro de ellas las principales son los residuos vegetales como malezas y desechos de cosechas. Por otra parte, están los residuos animales como guano y estiércol, principalmente de bovino (Benito et al., 2003; Schuchardt, 2005). Durante el proceso de compostaje ambos tipos de residuos son utilizados como fuente de alimento y energía por la flora microbiana (Chefetz et al., 1998).

Una de las limitantes al momento de implementar sistemas de compostaje a mayor escala es la cantidad de residuos vegetales requeridos, ya sean solos o en mezcla con residuos animales. Lo anterior, dado que es difícil aplicar parámetros de cuantificación fiable de madurez, al tener una amplia gama de residuos orgánicos (Benito et al., 2003).

Dentro de las características del material orgánico a compostar, la más importante es la relación carbono nitrógeno (C:N), que determina el óptimo desarrollo de los microorganismos que actúan en el proceso para poder obtener una rápida descomposición, por lo que el carbono debe estar fácilmente disponible (Schuchardt, 2005).

Se ha impulsado la búsqueda de materiales compostables principalmente vegetales, como *Ulex europaeus* L., conocido comúnmente como espinillo. Este posee características químicas de interés para ser considerada insumo base para la elaboración de compost. La especie contiene valores de macronutrientes que fluctúan entre 4,8% a 3,1% de N; 0,32% a 0,48% de P; 3,1% a 1,8% de K; 0,24% a 0,18% de S; 0,69% a 0,51% de Ca; 0,48% a 0,3% de Mg; 0,5% a 0,24% de Na y valores de micronutrientes que van de 6% a 8% de Cu; 62% a 59% de Fe; 84% a 71% de Mn; 36% a 44% de Zn y 14% de B (Howe et al., 1988; Lambert et al., 1989). Además, se caracteriza por crecer bien en la mayoría de los tipos de suelos, tolerando bien las condiciones de acidez y bajo contenido de materia orgánica (Clements et al., 2001), es una de las especies invasoras más agresivas

del mundo y una de las plagas más severas de la agricultura en Chile entre las Regiones de Bio Bío y Los Lagos (Matthei, 1995). Por lo tanto, la elaboración de compost de este abundante material permitiría su aprovechamiento, tanto en sitios poblados como deshabitados (Gómez et al., 2009). Como antecedente, MacCarter y Gaynor (1980) destacan su ventaja de enriquecer los suelos con nitrógeno, componente que sólo se torna útil para otras plantas cuando *U. europaeus* se descompone en forma natural.

En ocasiones el compost maduro posee elementos que son difíciles de digerir o no degradables (lignina, lignocelulosa y minerales) (Schuchardt, 2005). Ello puede dar lugar a la inmovilización de los nutrientes en la planta y causar fitotoxicidad debido a la biodegradación insuficiente de la materia orgánica (Butler et al., 2001). Por esta razón, surge la necesidad de incorporación de aceleradores de compostaje (AC), productos que dada su constitución química y biológica inducen la descomposición aeróbica. Los AC se han probado en materiales orgánicos de lenta degradación generando mejores características del producto final como mayor porcentaje de fósforo, nitrógeno y ácidos húmicos, así como menor porcentaje de materia orgánica y relación C:N (Sánchez et al., 2001; Pino et al., 2005). Lo anterior permite suponer que la aplicación de un AC sobre brotes de uno a dos años de *U. europaeus* en descomposición aeróbica generaría, un efecto positivo en el proceso y producto final. A este material se le puede sumar la adición de estiércol como parte de la mezcla cuya principal ventaja es la estabilidad y madurez del compost (Butler et al., 2001).

En Chile no existen experiencias científicas del compostaje a base de espinillo, por lo que el objetivo de este trabajo fue caracterizar el compost a base de espinillo (*Ulex europaeus* L.) y contrastar sus características físico-químicas con las descritas en la Norma Chilena de compost (NCh 2880, 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Centro Experimental Pillanlelún de la Universidad Católica de Temuco, comuna de Lautaro, Chile, entre diciembre 2010 y abril de 2011. En el lugar se recolectaron brotes de *U. europaeus* de uno a dos años de edad, los que

fueron triturados con una máquina agrícola chopper en partículas de 3,5 cm de largo en promedio. En el mismo sitio se recolectó el estiércol de bovino proveniente de la unidad de lechería del Centro Experimental.

El acelerador de compostaje comercial (AC) correspondió a un complejo de microorganismos propios del suelo; cepas exclusivas y activas de bacterias tales como *Bacillus* y *Pseudomonas*, actinomicetos (*Nocardia*) y hongos como *Saccharomyces* y *Trichoderma*. El producto se adicionó a razón de 50 g en 10 l de agua destilada al establecimiento del ensayo y 60 días después de iniciado el estudio, de acuerdo con la recomendación del fabricante.

El proceso de compostaje se realizó en pilas de aireación pasiva con un volumen inicial de 1 m³, alternando capas de 10 cm de espesor de los materiales de base. Para disminuir la evaporación e infiltración de agua de lluvia, las pilas fueron cubiertas con una capa de paja de *Avena sativa* L. y malla Raschel (80%), mezclándose a los 60 y 80 días de iniciado el ensayo.

Para la conformación de los tratamientos fue necesario realizar un análisis bromatológico, para determinar el contenido de materia seca (MS) (g), carbono orgánico total (%), nitrógeno (%) y relación C:N (Cuadro 1).

La proporción de la mezcla de A: *U. europaeus* y B: estiércol de bovino, se realizó considerando lo propuesto por O’Ryan y Riffo (2007) estableciéndose una relación C:N ideal de 30:1 que además, es la presentada por *U. europaeus* en brotes de uno a dos años. La fórmula utilizada fue la siguiente (O’Ryan y Riffo, 2007):

$$S = \frac{(C \text{ en } 1 \text{ kg de B}) - (\text{relación C/N deseada}) \times (N \text{ en } 1 \text{ kg de B})}{(N \text{ en } 1 \text{ kg de A}) \times (\text{relación C/N deseada}) - (C \text{ en } 1 \text{ kg de A})}$$

Donde:

S= kg de residuo A

C= contenido de carbono

N= contenido de nitrógeno

Una vez obtenidas las proporciones, los tratamientos estuvieron constituidos por lo indicado en el Cuadro 2.

Después de seis meses se procedió a la cosecha del compost, para ello se tomaron tres submuestras de cada pila de compostaje y se homogeneizaron para obtener una muestra de cada repetición. Posteriormente, se tamizó a 20 mm el material degradado procurando separar el de mayor tamaño. Seguidamente, las muestras fueron pesadas para finalmente ser tamizadas a 16 mm separándose cada una en dos fracciones. Una vez separadas se almacenaron en bolsas de papel y se trasladaron al Laboratorio de Bromatología de la Universidad Católica de Temuco para su análisis. En el laboratorio se procedió a secar las muestras a 70 °C en una estufa de aire forzado para posteriormente, realizar los análisis físico-químicos según la metodología propuesta por el TMECC Method 04.06-Pb. (Sadzawka et al., 2005).

Para evaluar el material compostado de acuerdo a la NCh 2880 (2004) se consideraron los siguientes parámetros: materia orgánica (MO%), C (%), Relación C:N, N total (%), humedad (H%), tamaño de partículas (TP%), toxicidad (% germinación de *Raphanus sativus* L.), pH, densidad aparente (kg/m³), conductividad eléctrica (CE dS/m) y germinación de malezas (N° de propágulos).

El ensayo correspondió a un factorial de 2x2 donde un factor fue la mezcla de *U. europaeus* + estiércol, y sus niveles fueron presencia y ausencia de estiércol. El segundo factor correspondió al AC y sus niveles fueron presencia y ausencia. Se consideraron tres repeticiones y unidades experimentales distribuidas en un diseño completamente al azar.

Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA) y a la prueba de comparación múltiple de

Cuadro 1. Composición de los materiales base de los tratamientos para compostaje con espinillo (*Ulex europaeus* L.). Universidad de la Frontera, Temuco, Chile. Diciembre de 2010.

Material	Materia seca (%)	Carbono (%)	Nitrógeno (%)	Relación C:N
<i>U. europaeus</i>	53,8	53,6	1,80	29,8
Estiércol de bovino	60	15	0,83	18

Fuente: Laboratorio Agroindustria, Universidad de la Frontera.

Cuadro 2. Tratamientos del experimento para elaboración de compostaje con espinillo (*Ulex europaeus*). Centro Experimental Píllanlelbuín, Temuco, Chile. Diciembre de 2010 - abril de 2011.

Tratamientos	No. tratamiento	<i>U. europaeus</i> (%)	Estiércol bovino (%)	AC* (g 10/l)
<i>U. europaeus</i> sin AC*	T1	100	0	0
<i>U. europaeus</i> + estiércol bovino sin AC	T2	78	22	0
<i>U. eropaeus</i> con AC	T3	100	0	50
<i>U. europaeus</i> + estiércol bovino con AC	T4	78	22	50

AC= Acelerador de compostaje: *Bacillus* y *Pseudomonas*, Actinomicetos (*Nocardia*) y hongos como *Saccharomyces* y *Trichoderma*.

Tukey para la variable que presentó interacción entre factores, y a la prueba de t de Student las variables que no presentaron interacción analizando los efectos principales de cada factor. En ambos casos se consideró un nivel de significancia de 5% y se utilizó el programa estadístico JMP 5.0®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de MO resultó mayor (Tukey $p \leq 0,05$) en el tratamiento con solo *U. europaeus* (T1) que en la mezcla *U. europaeus* + estiércol con y sin AC, T4 y T2, respectivamente, superándolos en un 85% en promedio. Estos valores son concordantes con lo reportado por Iglesias et al. (2009) y Brito et al. (2010) en compost de la misma especie. Este parámetro cumple con lo establecido por la NCh 2880 (2004), al reportar valores superiores al 20%; al respecto, Zhao et al. (2012) afirman que se obtienen mayores contenidos de MO cuando las fracciones presentan diámetros superiores a 0,4 mm, que es el caso de la fracción analizada en este estudio (menor a 16 mm).

Asimismo, se presentó un mayor nivel de degradación o estabilización de la MO en los tratamientos con *U. europaeus* sin estiércol (T1 y T3). Al respecto, Tchegueni et al. (2013) señalaron que si la MO es altamente humificada (estable), el efecto del compost en el suelo será más duradero. Ello constituye una ventaja puesto que la adición de materiales no vegetales, especialmente residuos como guano o estiércol, llevan consigo una alta carga microbiológica. Por otra parte, un compost basado solo en *U. europaeus* no supedita su compostaje a la

existencia de un segundo material, lo que facilitaría la masificación de su uso.

El menor contenido de C en el tratamiento con solo *U. europaeus* (T1 y T3) (Cuadro 3), se debe principalmente a que el estiércol bovino contiene rastrojo de avena, originado al retirar conjuntamente los residuos de la unidad de lechería de donde se obtuvo el material a compostar. En estos tratamientos se observó una mayor concentración de N lo que a su vez se traduce en una menor ($p \leq 0,05$) relación C:N, respecto de la mezcla con estiércol (Cuadro 3). Lo anterior, se presenta como una ventaja puesto que tasas de relación C:N superiores a 25 incrementan la fijación de N (Sullivan y Miller, 2001). El C orgánico total es considerado un mejor indicador de estabilidad de la MO que la relación C:N, el que tiende a disminuir en la medida que la MO se estabiliza (Francou et al., 2005). No obstante, Bernai et al. (1998) señalan que el grado y velocidad de la degradación está relacionada con el contenido de lignina del material a degradar, dado que es el más resistente a la actividad microbiana. Lo anterior es relevante en el caso de *U. europaeus* ya que en su estructura el contenido de lignina es elevado (Buitrago, 2013). Al respecto, Boulter-Bitzer et al. (2006) al analizar distintos compost, reportaron una tendencia a aumentar el contenido de nitrógeno total y NO_3 a medida que el compostaje progresa, ya que el contenido de NH_4 aumenta inicialmente y luego disminuye. Sin embargo, el compostaje en proporciones iniciales más bajas de C:N puede aumentar la pérdida de nitrógeno como gas amoníaco (Guo et al., 2012).

La relación C:N no presentó diferencias ($p \leq 0,05$) en el factor AC, sin embargo, es estadísticamente superior ($p \leq 0,05$) en la mezcla *U. europaeus*+estiércol

Cuadro 3. Variables físico-químicas analizadas desde los efectos principales para tratamiento de compostaje con *Ulex europaeus* L. Centro Experimental Pillanlelbún, Temuco, Chile. Diciembre de 2010 - abril de 2011.

Variable	Valor establecido por la NCh 2880	Mezcla	Acelerador de compostaje (AC)*	
			Con	Sin
Carbono (%)	No indicado por la NCh	<i>U. europaeus</i>	8,04±0,04 Ba	4,88±0,74 Bb
		<i>U. europaeus</i> +estiércol	28,98±2,97 Aa	37,54±5,94 Aa
Relación Carbono:Nitrógeno	≤ 30	<i>U. europaeus</i>	0,36±0,01 Ba	0,18±0,02 Ba
		<i>U. europaeus</i> +estiércol	1,9±0,32 Aa	2,23±0,43 Aa
Nitrógeno total (%)	≥ 0,5%	<i>U. europaeus</i>	22,02±0,9 Aa	25,84±0,01 Aa
		<i>U. europaeus</i> +estiércol	15,71±1,46 Ba	16,97±0,5 Ba
Humedad (%)	30 a 45%	<i>U. europaeus</i>	43,18±3,72 Aa	37,83±8,65 Aa
		<i>U. europaeus</i> +estiércol	38,77±1,26 Aa	36,05±0,97 Aa
pH	5,0 a 8,5	<i>U. europaeus</i>	6,62±0,04 Bb	6,83±0,16 Ba
		<i>U. europaeus</i> +estiércol	7,59±0,15 Aa	7,49±0,04 Aa
Tamaño partículas (%)	≤ 16 mm	<i>U. europaeus</i>	56,67±0,82 Aa	46,1±1,12 Aa
		<i>U. europaeus</i> +estiércol	53,84±6,32 Aa	59,12±1,67 Aa
Densidad aparente (kg/m ³)	≤ 700 kg/m ³	<i>U. europaeus</i>	7,09±0,6 Aa	8,03±1,07 Aa
		<i>U. europaeus</i> +estiércol	7,08±2,24 Aa	4,24±0,46 Ba
Toxicidad (% germinación de <i>Raphanus sativus</i> L.)	>80%	<i>U. europaeus</i>	96±3,05 Aa	58,66±25,75 Aa
		<i>U. europaeus</i> +estiércol	93,33±3,52 Aa	83,33±12,87 Aa
Conductividad eléctrica (CE)	< 8 dS/m	<i>U. europaeus</i>	8,5±0,03 Aa	8,3±0,04 Aa
		<i>U. europaeus</i> +Estiércol	8,7±0,02 Aa	8,6±0,05 Aa

*AC= cepas exclusivas y activas de bacterias tales como *Bacillus* y *Pseudomonas*, actinomicetos (*Nocardia*) y hongos como *Saccharomyces* y *Trichoderma*.

Letras mayúsculas distintas en las columnas representan diferencias significativas para el factor mezcla en cada variable, según la prueba de t-student ($p \leq 0,05$).

Letras minúsculas distintas en las filas representan diferencias significativas para el factor AC en cada variable, según la prueba de t-student ($p \leq 0,05$).

que en solo *U. europaeus*. A medida que el proceso de compostaje avanzó, el cociente C:N disminuyó gradualmente llegando a alcanzar valores entre 10 y 12 en el producto final; lo que según Bernai et al. (1998), es indicador de compost maduro. La concentración de materia orgánica en el compost disminuyó durante el tiempo de compostaje y la relación C:N exhibe un aumento lento durante los primeros 36 días, y se estabiliza después de otros treinta días (Zbytniewski y Buszewski 2005). En este tiempo, gran parte del carbono es continuamente liberado (CO₂) y a la vez usado por microorganismos para su crecimiento (Goyal et al., 2005; Trois y Polster, 2007). La mayor parte del

nitrógeno es reciclado. Esto refleja la descomposición de la materia orgánica y su estabilización (Chafetz et al., 1996), donde la ecología microbiana va cambiando y utilizando diferentes sustratos (Sanabria-León et al., 2007). Los valores reportados por Iglesias et al. (2009) en compost a base de *Ulex* son 21 a 29, superiores a los encontrados en el presente estudio, diferencias que pueden tener su origen en el método de compostaje, época del año, tamaño de partículas, entre otros. Cabe destacar que la relación C:N es un indicador de madurez del compost y que valores más bajos y estables indican mayor degradación del material original. Sin embargo, y a pesar de que no existe un

parámetro único, puede ser tomado como índice de madurez, la relación C:N y CO_2 que evolucionado a partir de compost podrían ser considerados más confiables (Goyal et al., 2005). Por otra parte, Brito et al. (2010) mostraron valores de 13 a 17 para el mismo parámetro y la NCh 2880 (2004) señala como valores de cumplimiento los ≤ 30 (NCh 2880, 2004). Por lo tanto, estos compost podrían ser utilizados con seguridad para fines agrícolas (Kabbashi, 2011).

Las variables humedad, tamaño de partículas y toxicidad (Cuadro 3) no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos. Todas las variables evaluadas en todos los tratamientos, excepto toxicidad en el tratamiento de solo *U. europaeus* sin AC, presentaron valores que están dentro del rango de aceptación de la NCh 2880 (2004), lo que indica la presencia de un compost maduro y en condiciones de ser utilizado. El tratamiento con solo *U. europaeus* sin AC que incumple la norma, revela un compost en proceso de maduración, con la presencia de sustancias fitotóxicas que se metabolizan o inmovilizan en la fase de maduración del producto (Varnero et al., 2007).

El pH presentó los menores valores en los tratamientos que solo consideraron *U. europaeus*, diferenciándose estadísticamente ($p \leq 0,05$) de los generados en base a la mezcla *U. europaeus* + estiércol, de pH neutro a levemente alcalino. Diferente a lo reportado por Irshad et al. (2013) quienes atribuyen la disminución del pH a la modificación de la composición química del estiércol a través de la acción microbiana, en particular la producción de ácidos orgánicos. Asimismo, se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$) en el tratamiento con solo *U. europaeus* y sin AC en comparación con el tratamiento con presencia de AC, presentando este último un pH más ácido. En *U. europaeus* el pH es menor porque tiende a acidificar el medio en el que se degrada y a disminuir la capacidad de intercambio catiónico por inmovilización de las bases, principalmente calcio, magnesio y sodio, cambiando la dinámica de los nutrientes y empobreciendo el suelo (IVM, 2000). Más allá de las diferencias estadísticamente significativas, el valor de pH más bajo encontrado en el tratamiento de solo *U. europaeus* fue de 6,62, mayor que el existente en suelos ácidos de vastos territorios del sur de Chile. Esto constituye una ventaja dado que la adición del compost de *U. europaeus* tributaría al incremento

del pH con la consiguiente mejora en la condición de suelo y la mayor solubilización de nutrientes.

El pH varía con el contenido de MO según indica (Leal y Madrid, 1998), de esta forma, los porcentajes más altos tienen pH más bajos y viceversa, lo que es corroborado en este estudio. En relación con las diferencias de pH también hay que considerar que el aumento durante el compostaje es el resultado de la degradación y la mineralización de los compuestos orgánicos. Muchos de ellos hacen decrecer las concentraciones de N-NH_4^+ debido a la conversión a N-NO_3^- o a la volatilización como NH_3 , resultado del alto valor de pH durante el proceso de compostaje (Boulter-Bitzer et al., 2006).

Los valores de pH se encuentran dentro del rango de aceptación de la NCh 2880 (2004). El valor más elevado se encontró en la mezcla de *U. europaeus* + estiércol con AC, aunque sin diferencias significativas al determinado sin AC. Lo que puede ser explicado por el contenido de N-NH_4^+ , provocando que el valor sea mayor en la mezcla con estiércol (Manios y Verdonck, 1985). A la vez, este tratamiento tuvo un porcentaje de N total estadísticamente inferior ($p \leq 0,05$) al tratamiento de solo *U. europaeus*.

La DAP presentó diferencias para el factor mezcla en ausencia de AC, resultando estadísticamente menor ($p \leq 0,05$) en el caso del tratamiento *U. europaeus* + estiércol. Los valores observados se encuentran por debajo de los determinados por otros autores como Iglesias et al. (2009) que reportan cifras de 180 kg/m³. Una de las explicaciones puede estar asociada a la arquitectura del *U. europaeus*, considerando que la trituración del material original arrojó partículas de aproximadamente 3 a 3,5 cm de longitud, lo que junto a las espinas generan en la pila un tejido con alto porcentaje de macroporos. Esta observación se corrobora con el porcentaje de tamaño de partícula (%TP) >16 mm que bordeó el 46% como promedio de los tratamientos. Sin embargo, dependiendo del efecto esperado del compost, el tamaño de partícula grande, pequeño o una mezcla de tamaños, puede ser deseado (Sæbø y Ferrini, 2006). Esto debido a que el tamaño de fraccionamiento de las partículas cambia las propiedades físicas y la distribución de los componentes químicos del compost (Zhao et al., 2012).

El porcentaje de humedad ($H^{\circ}\%$) se encontró en el límite bajo del rango establecido (30 a 45%) según la NCh de compost (Cuadro 3), probablemente

producto de la alta evaporación propiciada por la baja capacidad de retención de agua del material original con el TP mencionado; sin embargo, cumple la NCh 2880 (2004).

El nivel de conductividad eléctrica (CE) presentado por todos los tratamientos (Cuadro 3), fue superior en 0,5 dS/m en promedio al máximo estipulado por la NCh 2880 (2004), 8 dS/m, por lo que se incumple la norma. Lo anterior implica restricciones como su uso para hortalizas, ya que la CE no debe ser superior a 2 mS/cm con el fin de producir un buen crecimiento (Sæbø y Ferrini, 2006); de lo contrario, pueden ser considerados perjudiciales para las plantas (Kuba et al., 2008). Al respecto, Iglesias et al. (2009), señalan que los niveles de CE son limitantes para su uso en procesos de enraizamiento. No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, *U. europaeus* + estiércol con y sin AC pero mostraron los mayores valores, lo que Irshad et al. (2013) atribuyen a la liberación de sales del estiércol. Por otra parte, Vogtmann et al. (1993) señalan que la alta CE puede ser explicada por la constitución del material de base, en este caso dado por el 3,1% de K y niveles de microelementos de *U. europaeus*. La CE puede ser disminuida a través de lixiviación de sales del compost, especialmente en biodigestores, lo que permitiría optar a la certificación por la NCh2880. Sin embargo, aunque el compost a base de *U. europaeus* no cumple con el parámetro, se puede obtener un producto apto para su uso como sustrato de cultivo, o incluso podría ser utilizado como elemento a mezclar con otras materias primas, produciendo sustratos de calidad (Gómez et al., 2009).

No obstante, un compost maduro y estable puede contribuir al mantenimiento y aumentar la materia orgánica de los suelos, así como también, traer elementos fertilizantes para la planta (Tcheguani et al., 2013).

Respecto a la germinación de malezas, no se encontraron evidencias de propágulos, por lo que la variable cumple con la NCh 2880 en todos los tratamientos.

Validar el uso de *U. europaeus* como material de base para compostaje representa una oportunidad de uso, desde la pequeña agricultura hasta la de tipo empresarial, sustentado en el hecho de que la especie se destaca por el volumen de producción de biomasa que puede llegar a 6000 kg/ha en el primer año y a

77 000 kg/ha al décimo (Meeklah, 1979); así como su constitución nutricional (Howe et al., 1988; Lambert et al., 1989). Adicionalmente, es necesario destacar que el Estado de Chile bonifica prácticas que tiendan a la erradicación de la especie en terrenos arables, al ser una maleza sin valor comercial.

Es posible elaborar compost a base de espinillo y de esta forma dar uso productivo a *U. europaeus*. El producto puede ser elaborado solo o en mezcla con estiércol, resultando solo con *U. europaeus* y sin acelerador de compostaje el de mayor degradación o estabilidad de la materia orgánica. La conductividad eléctrica se presenta como limitante para optar a la certificación del compost según la NCh 2880.

La caracterización del compost de *U. europaeus* da las bases para desarrollar pruebas tendientes a la disminución de la CE en el sustrato, pruebas de producción de biomasa y calidad nutricional en especies cultivadas, así como para elaborar protocolos para el manejo productivo de la especie y del compostaje a mayor escala.

LITERATURA CITADA

- Benito, M., A. Masaguer, A. Moliner, N. Arrigo, y R.S. Palma. 2003. Chemical and microbiological parameters for the characterization of the stabilizing and maturing of pruning waste compost. *Biol. Fertil. Soils* 37:184-189.
- Bernaí, M., C. Paredes, M. Sánchez-Monedero, y J. Cegarra. 1998. Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. *Bioresource Technol.* 63:91-99.
- Boulter-Bitzer, J., J. Trevors, y G. Boland. 2006. A polyphasic approach for assessing maturity and stability in compost intended for suppression of plant pathogens. *Appl. Soil Ecol.* 34:65-81.
- Brito, L., A. Amaro, I. Mourao, y J. Coutinho. 2010. Compostagem da fração sólida do chorume com palha de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) ou tojo (*Ulex europaeus* L.). *Rev. Ciências Agrarias* 33(1):267-276.
- Buitrago, L. 2013. Transformación de residuos vegetales de las especies invasoras *Genista monspessulana* y *Ulex europaeus*, en sustratos para incorporarlos en los procesos de propagación de material vegetal en el programa de restauración ecológica. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., Jardín Botánico José Celestino Mutis, Bogotá, Colombia.

- Butler, T.A., L.J. Sikora, P.M. Teeinhilber, y L.W. Douglass. 2001. Compost age and sample storage effects on maturity indicators of biosolids compost. *J. Environ. Qual.* 30:2141-2148.
- Chefetz, B., F. Adani, P. Genevini, F. Tambone, Y. Hadar, y Y. Chen. 1998. Humic-acid transformation during composting of municipal solid waste. *J. Environ. Qual.* 27:794-800.
- Chefetz, B., P. Hatcher, Y. Hadar, y Y. Chen. 1996. Chemical and biological characterization of organic matter during composting of municipal solid waste. *J. Environ. Qual.* 25:776-785.
- Clements, D.R., D.J. Peterson, y R. Prasad. 2001. The biology of Canadian weeds. 112. *Ulex europaeus* L. *Can. J. Pl. Sci.* 81:325-337.
- Eneji, A.E., S. Yamamoto, T. Honna, y A. Ishiguro. 2001. Physicochemical changes in livestock feces during composting. *Comm. Soil Sci. Plant. Anal.* 32:477-489.
- Franco, C., M. Poitrenaud, y S. Houot. 2005. Stabilization of organic matter during composting: influence of process and feedstocks. *Compost Sci. Util.* 13:72-83.
- Gómez, J., R. Minhorst, y I. Piñeiro-Iglesias. 2009. Evaluación de diferentes sistemas de elaboración de sustratos de cultivo obtenidos a partir de tojo (*Ulex europaeus* L.). *Span. J. Rural Dev.* 1(0):2171-1216.
- Goyal, S., S.K. Dhull, y K.K. Kapoor. 2005. Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity. *Bioresour. Technol.* 96:1584-1591.
- Guo, R., G. Li, T. Jiang, F. Schuchardt, T. Chen, Y. Zhao, e Y. Shen. 2012. Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. *Bioresour. Technol.* 112:171-178.
- Howe, J.C., T.N. Barry, y A.I. Popay. 1988. Voluntary intake and digestion of gorse (*Ulex europaeus*) by goats and sheep. *J. Agr. Sci.* 111:107-114.
- Iglesias, M., C. Rodil, S. Lamosa, y F. Díaz. 2009. Root development of *Thuja plicata* "atrovirens" in peat substitute rooting media. *Sci Hort.* 122:102-108.
- Irshad, M., A.E. Eneji, Z. Hussain, y M. Ashraf. 2013. Chemical characterization of fresh and composted livestock manures. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 13:115-121.
- IVM (Integrated Vegetation Management). 2000. Gorse. Noxious Weed IVM Guide. Technical Bulletin. <http://www.ipmaccess.com/Noxgorse.html> (Consultado 12 feb. 2014).
- Kabbashi, N. 2011. Sewage sludge composting simulation as carbon/nitrogen concentration change. *J. Environ. Sci.* 23:1925-1928.
- Kuba, T., A. Tscholl, C. Partl, K. Meyer, y H. Insam. 2008. Wood ash admixture to organic wastes improves compost and its performance. *Agr. Ecosyst. Environ.* 127:43-49.
- Lambert, M.G., G.A. Jung, H.W. Harpster, y J. Lee. 1989. Forage shrubs in North Island hill country 4: Chemical composition and conclusions. *New Zeal. J. Agr. Res.* 32:499-506.
- Leal, N., y C. Madrid. 1998. Compostaje de residuos orgánicos mezclados con roca fosfórica. *Agron. Trop.* 48:335-357.
- MacCarter, L.E., y D.L. Gaynor. 1980. Gorse: a subject for biological control in New Zealand. *New Zeal. J. Exp. Agr.* 8:321-330.
- Manios, V.I., y A. Verdonck. 1985. Decomposition of vinecanes in heap and evaluation of the produced compost. *Acta Hort.* 172:39-46.
- Matthei, O. 1995. Manual de las malezas que crecen en Chile. Alfabeta, Santiago, Chile.
- Meeklah, A. 1979. Controlling gorse. *New Zeal. J. Agr.* 139:51-53.
- NCh 2880 (Norma Chilena de Compost). 2004. Norma Chilena Oficial. Compost-Clasificación y requisitos. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile.
- O'Ryan, J. y M. Riffo. 2007. El compostaje y su utilización en agricultura. Fundación para la Innovación Agraria, Universidad de Las Américas. Santiago, Chile.
- Pino, P., M. Varnero, y P. Alvarado. 2005. Dinámica del compostaje de residuos vitivinícolas con y sin incorporación de guano broiler. *R.C. Suelo Nutr. Veg.* 5(2):19-25.
- Sadzawka, R., M. Carrasco, R. Grez, y M. De La Luz. 2005. Métodos de análisis de compost, según NCh 2880. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI La Platina, Santiago, Chile.
- Sæbø, A., y F. Ferrini. 2006. The use of compost in urban green areas – A review for practical application. *Urban For. Urban Gree.* 4:159-169.
- Sanabria-León, R., L. Cruz-Arroy, A. Rodríguez, y M. Alameda. 2007. Chemical and biological characterization of slaughterhouse wastes compost. *Waste Manage.* 27:1800-1807.
- Sánchez, G., S. Galan, G. Mercado, y E. Olguín. 2001. Compostaje acelerado de pulpa de café proveniente de beneficios reconvertidos. http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA_VI/CVI-15.pdf. (Consultado 12 dic. 2012).
- Schuchardt, F. 2005. Composting of organic waste. En: H.J. Jordening, y J. Winter, editores, *Environmental*

- biotechnology. Concepts and applications. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. kGaA, Weinheim, Germany. p. 333-354.
- Sullivan, D.M., y R.O. Miller. 2001. Compost quality attributes, measurements and variability. En: P.J. Stofella, y B.A. Kahn, editores, Compost utilization in horticultural cropping systems. CRC Press. Boca Raton, FL, USA. p. 95-120.
- Tchegueni, S., M. Koriko, E. Koledzi, M. Bodjona, K. Kili, G. Tchangbedji, G. Baba, y M. Hafidi. 2013. Physicochemical characterization of organic matter during co-composting of shea-nut cake with goat manure. *Afr. J. Biotechnol.* 12:3466-3471.
- Trois, C., y I. Polster. 2007. Effective pine bark composting with the Dome Aeration Technology. *Waste Manage.* 27:96-105.
- Varnero, M., C. Rojas, y R. Orellana. 2007. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *R.C. Suelo Nutr. Veg.* 7(1):28-37.
- Vogtmann, H., K. Fricke, y T. Turk. 1993. Quality, physical characteristics, nutrient content, heavy metals and organic chemicals in biogenic waste compost. *Compost Sci. Util.* 1:69-87.
- Zbytniewski, R., y B. Buszewski. 2005. Characterization of natural organic matter (NOM) derived from sewage sludge compost. Part 1: chemical and spectroscopic properties. *Bioresource Technol.* 96:471-478.
- Zhao, S., X. Liu, y L. Duo. 2012. Physical and chemical characterization of municipal solid waste compost in different particle size fractions. *Pol. J. Environ. Stud.* 21:509-515.

