

Descomposición de corteza de árboles nativos para la formación de sustratos para el cultivo de plantas*

Native tree bark decomposition for substrata formation for plant cultivation

C.D.O.: 232. 322.44

VICTOR GERDING, RENATO GREZ, GLADYS V. RONDANELLI

Instituto de Silvicultura, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

SUMMARY

A mixture of native tree bark was subjected to an incomplete oxidation process (composting) under the effects of adding nitrogen (urea), phosphorus (triple superphosphate), dendroenergy cauldron ash, and native tree litter inoculum. The best physical properties of the transformed bark were obtained by the combined effect of nitrogen, phosphorus and inoculum, even though all the treatments allowed good physical conditions, with no limitations for cultivation. With the nutrient regime, each factor had an effect on the availability of certain elements, but all the treatments permitted similar availability levels. In general, availability (weight/volume) is insufficient for cultivation. All of substrata require fertilization depending on the treatment applied for transformation. As a whole, additions of urea plus triple superphosphate allowed the best microbiological transformation processes, whereas inoculum and ash additions showed minor benefits.

RESUMEN

Se sometió a un proceso biológico de oxidación incompleta (compostización) una mezcla de cortezas de árboles nativos bajo los efectos de la adición de nitrógeno (urea), fósforo (superfosfato triple), ceniza de caldera dendroenergética e inóculo de mantillo de bosque nativo. Las mejores propiedades físicas de la corteza transformada se obtuvieron con el efecto combinado de inóculo, nitrógeno y fósforo, aunque todos los tratamientos permitieron buenas condiciones físicas, sin limitaciones para un cultivo. En el régimen de elementos nutritivos cada factor tuvo un efecto en la disponibilidad de ciertos elementos, pero todos los tratamientos permitieron niveles similares de disponibilidad. En general, la disponibilidad (peso/volumen) es insuficiente para un cultivo. Todos los sustratos requieren de fertilización según el tratamiento aplicado para la transformación. Globalmente, las adiciones de urea más superfosfato triple permitieron los mejores procesos de transformación microbiológica, mientras que el inóculo y la ceniza evidenciaron menores beneficios.

INTRODUCCION

La industria forestal del país ha experimentado un rápido crecimiento en los últimos decenios, provocando también un aumento de sus desechos, en su mayoría de carácter sólido (aserrín y corteza), que han encontrado sólo parcialmente utilización, quedando en su mayor proporción diseminados en canchas de acopio (Reyes, Rubio y Elizondo, 1991).

Una opción interesante para la utilización de la corteza de árboles, en su carácter de residuo de la industria forestal, es su transformación a través de la oxidación incompleta por procesos biológicos. Dicho proceso se emplea en otros países con éxito para desarrollar sustratos para el cultivo intensivo de plantas (Zöttl, 1977, 1989). Tal proceso es ampliamente conocido en la literatura con el nombre de "compostización" (Manahan, 1994). Sin embargo, Zöttl (1988) recomienda el término de "fermentación", no obstante que tal concepto hace referencia a procesos microbiológicos anaeróbicos que no corresponden exactamente a la oxidación

* Proyecto 92/0013 financiado por el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONDECYT).

incompleta que se produce en este proceso de la descomposición principalmente aeróbica de la corteza. En todo caso, la transformación de la corteza por procesos microbiológicos de oxidación incompleta tampoco corresponde exactamente al proceso completo de compostización, debido a que este último implica un mayor grado de transformación de la materia orgánica con una significativa reducción del volumen del material tratado.

El potencial de la corteza parcialmente descompuesta como sustrato se basa en sus adecuadas propiedades tanto físicas como químicas. Sin embargo, tales propiedades pueden presentar importantes variaciones dependiendo de la especie arbórea, del tamaño de partícula de corteza, de la forma de almacenamiento, de su manipulación, del tipo de molienda, del sitio del cual provienen los árboles, de su edad, de la forma de descortezado, del proceso de descomposición y de otros factores (Aaron, 1976; Behm y Krauss, 1976; Howard, 1972; Kelm, 1971; Krapfenbauer, 1977; Scharpf, 1988; Solbraa, 1979; Volz, 1971; Will, 1981; Zöttl, 1978, 1980).

En general, la velocidad y calidad de la transformación de la corteza se favorecen con: un menor tamaño de partícula; un contenido de humedad del 50-70% del peso seco, para equilibrar los regímenes de agua y aire; condiciones aeróbicas, para impedir el efecto negativo de sustancias tóxicas y extrema acidez; la adición de 1-2 kg de nitrógeno en forma de urea, por m³ de corteza, para satisfacer las demandas de los microorganismos y reducir la relación C/N; la adición de aproximadamente 1 kg/m³ de P, principalmente para mejorar la calidad del producto final; enmiendas alcalinas cuando la corteza es muy ácida; iniciadores de la descomposición, para aumentar las poblaciones microbianas en la fase inicial de la transformación; mayor tiempo de descomposición al aire libre, que se prolonga entre 6 y 12 semanas o más.

El propósito de este trabajo es buscar una alternativa de utilización de desechos de corteza, para su transformación en sustrato para cultivo de plantas, a través de procesos microbiológicos de oxidación incompleta. En este contexto, se trabajó con una mezcla de cortezas de árboles nativos ensayando una serie de tratamientos para determinar condiciones adecuadas para su transformación.

MATERIAL Y METODO

Lugar y condiciones del ensayo. El proceso de

descomposición se produjo a la intemperie, en la ciudad de Valdivia, entre el 30 de diciembre de 1992 y el 26 de marzo de 1993. En ese período la temperatura media fue de 16.7°C, la humedad relativa media del aire de 72.3% y la precipitación total de 300 mm*. En general, las condiciones climáticas fueron normales para la zona y época estival consideradas (Huber, 1970).

Para cada tratamiento se apiló un montículo de 1 m³ de corteza, el que fue entremezclado una vez por semana y regado periódicamente para mantener alta su humedad. El agua se obtuvo de un pozo en el mismo lugar del ensayo.

Características de la mezcla de cortezas. La mezcla de cortezas estaba compuesta por un 82% del volumen de tepa (*Laurelia philippiana* (Phil.) Looser), 12% de olivillo (*Aextoxicom punctatum* R. et Pav.) y 6% de roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst).

La distribución (promedio de tres repeticiones) de tamaños de partículas fue de 28% del volumen entre 20 y 40 mm, 29% entre 10 y 20 mm y 43% bajo 10 mm.

La composición elemental (promedio de tres repeticiones) de la corteza fue la siguiente: N 0.6%, P 400, K 4900, Ca 15300, Mg 800, Al 1210, Fe 1222, Mn 185, Cu 4 y Zn 16 mg/kg. El contenido de cenizas alcanzó al 5.8%.

Tratamientos para la descomposición. Los tratamientos (cuadro 1) estuvieron dados por la adición de: nitrógeno, 2 kg/m³ en forma de urea; fósforo, 1 kg/m³ en forma de superfosfato triple; ceniza de caldera dendroenergética, 10 l/m³, para alcanzar un pH cercano a 7; e inóculo de mantillo de bosque nativo, 10 l/m³.

La ceniza fue caracterizada por Grez, Gerding y Unión (1992). El mantillo se obtuvo de sendos bosques del tipo forestal siempreverde y alerce, de la provincia de Valdivia. Este material fue tamizado bajo 2 mm antes de su aplicación. Su pH (en agua y KC1. 0.1 N) fue de 4.0 (av.: 0.2 y 0.4%, respectivamente).

Evaluación de la transformación. Al finalizar el periodo de tres meses (85 días) de descomposición se determinaron las siguientes características, todas por triplicado**:

* Estación meteorológica Isla Teja, Universidad Austral de Chile, Valdivia.

** Manual de Laboratorio del Laboratorio de Nutrición y Suelos Forestales, Instituto de Silvicultura, Universidad Austral de Chile, Valdivia.

CUADRO 1

Tratamientos para la transformación de la corteza.
Treatments for bark transformation.

Aditivo	Tratamiento*							
	0	0i	N	Ni	NP	NPi	NPc	NPci
Nitrógeno	-	-	x	x	x	x	x	x
Fósforo	-	-	-	-	x	x	x	x
Ceniza	-	-	-	-	-	-	x	x
Inóculo	-	x	-	x	-	x	-	x

* -: sin aditivo, x: con aditivo.

- Distribución del tamaño de partículas por tamizado: 40-20 mm, 20-10 mm y <10 mm (% volumétrico); y para la fracción <10 mm, luego de secado a 105°C por 24 h, 10-4 mm, 4-2 mm y <2 mm (% del peso).
- Capacidad de campo (% volumétrico): las muestras de 250 cm³ se saturaron con agua por 24 h y se las dejó escurrir durante 48 h; se determinó el peso húmedo y luego se secaron a 105°C por 24 h y se pesaron nuevamente.
- Densidad aparente (g/cm³): se obtuvo de los pesos secos y volúmenes señalados para la capacidad de campo.
- pH en agua destilada y KC1 0.1 N: determinación electrométrica en suspensión 1:2.5, con corteza tamizada bajo 2 mm (Schlichting y Blume, 1966).
- Conductividad eléctrica (µS): en suspensión con agua destilada (1:2.5), con corteza tamizada bajo 2 mm.
- Fracción de elementos solubles en extracto de acetato de amonio-DTPA a pH 4.8, por espectrofotometría de absorción atómica: K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y Al (Grež, Piel y Añazco, 1990).
- P y K solubles en extracto de lactato de Ca (Schüller, 1969).
- P soluble en extracto de ácido cítrico 1%, por colorimetría, método vanadato-molibdato (Grež, 1977).
- Mg soluble en extracto de CaCl₂ m/80 (TASPO-Praxis, 1988).

Durante el período de descomposición se midió la temperatura (°C) al interior de cada montículo de corteza, introduciendo un termómetro unos 30 cm en tres puntos. Estas mediciones se hicieron a

los 4, 16, 22, 39, 53 y 67 días de transcurrido el ensayo.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza factorial considerando los diseños: nitrógeno e inoculo (0, 0i, N, Ni), nitrógeno-fósforo e inoculo (0, 0i, NP, NPi) y nitrógeno-fósforo-ceniza e inoculo (0, 0i, NPc, NPci). A través de análisis de varianza simple y prueba de Scheffé se compararon todos los tratamientos entre sí. También, por análisis de varianza, se compararon las situaciones finales del ensayo con las iniciales.

RESULTADOS Y DISCUSION

EFFECTOS EN LAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LA CORTEZA TRANSFORMADA

Temperatura. Los tratamientos con urea más superfosfato triple, con y sin inoculo (NP, NPi, NPc y NPci), alcanzaron las mayores temperaturas entre las días 22 y 53 (P<0.05); posteriormente decayó (cuadro 2). En todas las otras situaciones el régimen de temperatura fue relativamente parejo a lo largo del tiempo, sin demostrar diferencias significativas entre tratamientos. Sólo la combinación de urea más superfosfato triple favoreció significativamente una etapa de temperaturas más elevadas.

La temperatura alcanzada en el proceso de descomposición (oxidación) es un indicador de la actividad biológica. A mayor temperatura, mayor ac-

CUADRO 2

Temperaturas (°C) de la corteza durante el proceso de transformación.

Bark temperature (°C) during the transformation process.

Tratamiento	Número de días del ensayo					
	4	16	22	39	53	67
0	27.0	23.7	24.0	17.0	22.7	23.3
0i	23.0	21.7	25.3	19.0	23.7	22.0
N	24.3	22.0	26.3	19.7	24.3	22.7
Ni	22.7	23.3	26.0	19.7	23.3	20.3
NP	25.0	20.7	34.0	32.0	35.7	26.0
NPi	24.7	23.7	32.0	31.0	33.3	23.3
NPc	23.3	20.7	37.0	30.3	36.3	24.7
NPci	27.7	27.3	39.3	32.3	38.7	25.0

tividad microbiana. Los valores máximos en otros estudios alcanzan a 40-80°C (Köberle, 1983). La disminución de la temperatura, transcurridos dos meses de descomposición, indica que la actividad de los microorganismos ha disminuido luego de alcanzar su máximo nivel. En los tratamientos testigo y con urea, sin superfosfato triple, podría esperarse un aumento de la temperatura aun después de los 67 días observados. Durante el período de mediciones no se evidenció una etapa de actividad más intensa de los microorganismos.

Las menores temperaturas máximas alcanzadas en este ensayo pudieron deberse a las características de los montículos de corteza. Montículos más pequeños, con mayor superficie de exposición a la atmósfera, y de baja densidad que permite una mayor circulación de aire por su interior, favorecen temperaturas menores.

Distribución del tamaño de partículas. La distribución del tamaño de partículas (cuadro 3) resultó con alta variabilidad, por lo que no siempre fueron evidentes las tendencias que pudieran producir los factores del ensayo. Ello coincide con lo señalado por Spomer (1975).

Las aplicaciones de urea, superfosfato triple y ceniza favorecieron un mayor fraccionamiento ($P < 0.05$) de las partículas de corteza, que se puede asociar a una mayor actividad biológica. El inóculo, en cambio, no fue tan efectivo en este caso (cuadro 3). El efecto más significativo ($P < 0.01$) se debió a la combinación de urea y superfosfato triple. Como es de esperar, las partículas grandes (20-40 mm) disminuyeron su participación. Complementariamente, tanto la fracción mediana

(10-20 mm) como la fina (<10 mm) incrementaron su proporción. Por otra parte, dentro de la fracción fina, asociado a los mismos factores, disminuyó la proporción de partículas mayores (4-10 mm) e intermedias (2-4 mm) y aumentó el porcentaje de partículas menores (<2 mm).

La adición de inóculo, por su pequeña participación (1:100 del volumen) en la mezcla de cortezas, no contribuyó significativamente por sí sola a una mayor proporción de partículas finas (<2 mm) (Rondanelli, 1994). Su efecto debe esperarse en la mayor actividad biológica y de allí puede derivarse su incidencia en un mayor porcentaje de partículas finas.

La variación respecto a la mezcla original de cortezas mostró la lógica tendencia de una disminución de partículas gruesas y un aumento de las finas ($P < 0.01$). Ello se observó principalmente con la aplicación de urea y superfosfato triple (NP y NPc), con y sin inóculo. La fracción intermedia, por recibir aportes de la fracción gruesa, no varió tan marcadamente, pero presentó una tendencia a disminuir su participación. Esto coincide con lo citado por Köberle (1983), en el sentido de que la fracción fina se incrementa significativamente y desaparece la fracción gruesa después de 30 a 40 semanas por la acción descomponedora de los microorganismos.

Densidad aparente. La densidad aparente resultó muy baja en todos los casos (cuadro 3). La presencia de inóculo y la combinación de urea y superfosfato provocaron ligeros aumentos en la densidad aparente. Respecto del testigo, fueron significativamente ($P < 0.05$) mayores las densidades de los tratamientos NP_i y NP_c_i.

CUADRO 3

Tamaño de partículas, densidad aparente y capacidad de campo de la corteza transformada*
Particle size, hulk density and field capacity of the transformed bark.

Tratamiento	(Tamaño de partículas, mm)												Densidad aparente (g/cc)	Capacidad de campo (% volumen)				
	40-20						20-10								0	i		
	<10						10-4										0	i
	(% volumen)						(% peso)											
0	i	0	i	0	i	0	i	0	i	0	i	0	i	0	i			
0	26	21	18	23	56	56	34	30	27	27	39	43	0.12	0.14	27	30		
N	25	18	19	26	56	56	31	27	22	24	47	49	0.12	0.14	23	30		
NP	10	7	22	33	68	60	29	28	20	25	51	48	0.13	0.16	28	38		
NPc	6	5	30	28	64	67	28	24	23	24	50	51	0.14	0.16	32	37		

* 0: sin aditivo, i: inoculado, N: urea, P: superfosfato triple, c: ceniza.

Las densidades obtenidas en este ensayo se encuentran en el nivel inferior del rango observado en otros estudios (0.14-0.96 g/cc) y por debajo del promedio (0.2-0.3 g/cc) (Cappaert, Verdonck y De Boodt, 1977; Köberle, 1983). Ello pudo deberse tanto a las características propias de las cortezas como a diferencias metodológicas en la determinación de la densidad aparente.

Capacidad de campo. La capacidad de campo se vio favorecida con la inoculación, pero el efecto de los otros aditivos no fue claro (cuadro 3). En todo caso, la combinación de urea y superfosfato triple, especialmente con inóculo, produjo los mayores niveles ($P < 0.05$) de capacidad de campo. Sin embargo, esta tendencia no se asocia claramente con la proporción de partículas finas a muy finas que se obtuvieron en los tratamientos.

Según Köberle (1983) la capacidad de campo en la corteza transformada varía entre el 30 y 80% del volumen. Los valores aquí encontrados están en el nivel inferior de dicho rango. Aun así, la corteza transformada presentó un buen nivel de retención de humedad en comparación con suelos minerales.

EFFECTOS EN LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS Y NUTRITIVAS DE LA CORTEZA TRANSFORMADA

pH y conductividad eléctrica. El pH (en agua) de la corteza transformada varió entre 5.3 y 7.1 (cuadro 4), lo que, de acuerdo con Köberle (1983), se considera dentro del rango normal para estos sustratos (pH 5.0 a 7.3). La adición de urea produjo una tendencia a la acidificación, que se hizo significativa ($P < 0.01$) con la incorporación de superfosfato triple. La ceniza no fue efectiva para neutralizar o disminuir esta acidificación. El inóculo indujo una mayor acidez general ($P < 0.01$), que se reflejó sólo en el pH al agua. Este menor pH fue significativo ($P < 0.01$) en los tratamientos NPi y NPci respecto del testigo.

La actividad biológica en la descomposición de la materia orgánica del mantillo y del suelo superficial de los bosques templados del sur de Chile ocurre en un medio ácido (Alcoser, 1981; Donoso, 1981). En tal condición la tasa de descomposición es muy alta, superando muchas veces las 5 t/ha año de materia seca (Becker, 1981). El mantillo utilizado como inóculo tenía un pH 4.0, por lo cual es posible que la microflora esté bien adaptada a un medio ácido como el que se encontró en los tratamientos con urea más superfosfato triple.

CUADRO 4

pH y conductividad eléctrica de la corteza transformada.*
pH and electric conductivity of the transformed bark.

Tratamiento	pH agua		pH KCl		Conductividad (μ S)	
	0	i	0	i	0	i
0	7.1	6.9	6.5	6.5	245	108
N	6.8	6.8	6.6	6.5	316	617
NP	5.1	4.9	4.9	4.9	1 123	1486
NPc	5.3	4.9	4.8	4.8	655	1464

0: sin aditivo, i: inoculado, N: urea,
P: superfosfato triple, c: ceniza.

Además, una mayor acidez puede ser producto de una mayor actividad biológica, especialmente si se ha producido más nitrificación a partir de la urea aplicada a la corteza (Araos, 1977). En este caso, por otra parte, una condición más ácida coincide con una mayor temperatura durante el proceso de descomposición y con un mayor fraccionamiento de las partículas y, por lo tanto, puede inferirse una actividad biológica más intensa.

La inefectividad de la ceniza para mantener un pH alto al final del proceso (cuadro 4) puede deberse tanto a una lixiviación producida por el riego y precipitaciones naturales, como a un consumo de ésta en reacciones de neutralización que, debido a la dosis utilizada, fue consumida sin tener efecto residual.

La conductividad eléctrica (cuadro 4) se presentó en niveles favorables para el desarrollo normal de plantas, es decir, bajo 2.000 μ S (Araos, 1977). En general, la conductividad resultó menor en los sustratos de mayor pH. Se aprecia un efecto positivo ($P < 0.01$) de la aplicación de urea, de superfosfato triple, de la ceniza y de la combinación de estos aditivos, que se acentuó en presencia de inóculo. La relación inversa de la conductividad con el pH puede explicarse por la mayor mineralización que produce menores pH y mayor salinidad.

Fracción de elementos intercambiables y disponibles. En relación a los elementos nutritivos (cuadro 5), el inóculo demostró mayor efecto cuando se aplicó solo o en combinación con urea, sin ceniza ni superfosfato triple. En tales condiciones

CUADRO 5

Elementos disponibles e intercambiables (mg/kg) de la corteza transformada.*

Available and interchangeable elements (mg/kg) of the transformed bark.

Trata- miento	P cit(1)		P lac(2)		K lac(2)		K ace(3)		Mg clo(4)		Mg ace(3)		Ca ace(3)		Al(3)		Fe(3)		Mn(3)		Cu(3)		Zn(3)	
	0	i	0	i	0	i	0	i	0	i	0	i	0	i	0	i	0	i	0	i	0	i	0	i
0	<1	4	77	72	1859	1333	1326	949	523	483	843	963	6507	8170	92	110	161	240	198	224	4	3	15	12
N	<1	50	52	110	1175	1315	814	836	429	475	688	817	6893	8170	95	106	166	197	190	182	1	1	9	8
NP	2479	2393	1567	1467	1313	1475	798	766	649	642	946	902	7859	6960	284	317	217	202	162	108	1	1	13	6
NPc	2064	2401	1393	1573	1093	1506	917	907	569	737	896	1118	8725	7426	344	309	299	191	157	150	1	1	10	11

* 0; sin aditivo, i: inoculado, N: urea, P: superfosfato triple, c: ceniza.

(1): Extracto ácido cítrico;

(2): Extracto lactato de calcio;

(3) Extracto acetato de amonio-DTPA a pH 4.8;

(4): Extracto cloniro de calcio.

favoreció un aumento ($P < 0.05$) en la disponibilidad de P y Fe, pero también de Al. En ello pudo influir el contenido de tales elementos en el mantillo (Alcoser, 1981). La aplicación de sólo urea tuvo un escaso efecto en la disponibilidad e intercambio de bioelementos; se destacan los menores niveles ($P < 0.05$) de Mg y K.

Los efectos ($P < 0.05$) de las aplicaciones de NP y NPc fueron muy similares. Como es de esperar, hubo un lógico incremento de P disponible, y también de Mg y Al intercambiables. Estos últimos se explican, en gran parte, por las impurezas del fertilizante utilizado, el cual presentaba un 0.9% de Al y 0.4% de Mg total. Sin embargo, Ca intercambiable no mostró un incremento claro en presencia de superfosfato triple, no obstante que este fertilizante contiene una importante proporción de este elemento (15%). Otro efecto de estos aditivos fue la disminución de los niveles de K, Mn, Cu y Zn. Estas menores concentraciones pudieron deberse, en gran medida, a lixiviación (K y Mn) y a fijación microbiana (Cu y Zn).

La ceniza no produjo, en general, un aporte significativo de elementos nutritivos intercambiables, lo cual se aprecia al comparar los tratamientos NP con NPc. Sólo el Ca presentó mayor nivel ($P < 0.05$) con la adición de ceniza. Ello es explicable por la composición elemental de la ceniza (Grez, Gerding y Unión, 1992). Sin embargo, la alta concentración de K de la ceniza no se vio reflejada en un aumento de este elemento en la corteza transformada, lo cual pudo deberse a la dosis empleada o a efectos de lixiviación.

Al comparar los tratamientos entre sí ($P < 0.05$),

se observa que -en general- todos ellos permitieron similares niveles de bioelementos intercambiables, con la excepción de P y Al que se encontraron en mayores concentraciones en presencia del superfosfato triple. También fue evidente la disminución de K y Cu con la aplicación de aditivos (N, P, c). Con superfosfato triple también se produjeron menores niveles de Mn.

Con todos los tratamientos de transformación (oxidación incompleta) las concentraciones (peso/peso) de elementos nutritivos alcanzaron, en general, niveles altos a muy altos en comparación a suelos minerales. Sin embargo, al analizar estos resultados considerando la densidad aparente de los sustratos, se aprecia que los contenidos (peso/volumen) de elementos nutritivos son mayoritariamente moderados a bajos. Como es de esperar, P presentó una alta disponibilidad sólo en los tratamientos con aplicación de superfosfato triple y en los otros fue bajo; Ca varió entre alto y moderado; K y Mg moderados a bajos; Fe bajo a moderado; Mn y Zn moderados; y Cu muy bajo. El Al presentó en todos los casos favorables niveles muy bajos.

De la evaluación nutritiva se desprende la necesidad de fertilizar estos sustratos para la producción de plantas. Este manejo nutritivo será diferente según el tratamiento de descomposición que se haya aplicado a la corteza. En general, el manejo nutritivo de la corteza transformada constituye el principal problema para la utilización de este material, ya que las propiedades físicas, que determinan principalmente los regímenes de agua y aire, son buenas y sin limitantes para el desarrollo de plantas.

CONCLUSIONES

Todos los tratamientos de transformación de la corteza (compostización) otorgaron buenas características físicas a los sustratos, pero aquellos con más aditivos permitieron las mejores.

Las combinaciones de urea y superfosfato triple permitieron la mayor actividad biológica durante la descomposición. Ello se reflejó en temperaturas más altas durante dicho proceso, un mayor fraccionamiento de las partículas de corteza y mayor capacidad de campo.

El pH fue más ácido en presencia de urea más superfosfato triple, acentuado por el inóculo. La ceniza no fue efectiva para neutralizar esta acidificación ni para aumentar la disponibilidad de elementos nutritivos, con la excepción de Ca.

Los distintos tratamientos permitieron similares niveles de elementos nutritivos disponibles. La excepción lógica fue de aquellos con adición de superfosfato triple, donde los niveles de P aumentaron significativamente.

Las concentraciones (peso/peso) de elementos nutritivos son comparativamente muy altas respecto de suelos minerales. Sin embargo, los contenidos peso/volumen demuestran insuficiencias importantes para el cultivo de plantas, por lo que es necesaria una fertilización para suplementar las deficiencias nutritivas de acuerdo con el tratamiento de descomposición aplicado.

La transformación de la mezcla de cortezas resultó, en general, más adecuada con la adición de urea más superfosfato triple. Las aplicaciones de ceniza e inóculo evidenciaron menores beneficios.

BIBLIOGRAFIA

- AARON, J. 1976. Conifer bark: Its properties and uses. Forestry Commission Record 110.
- ALCOSER J.M. 1981. *Características morfológicas y nutritivas del piso orgánico en Pinus radiata D. Don y bosque nativo secundario*. Valdivia. Tesis Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 71 pp.
- ARAOS, J.F. 1977. *Manual de uso de fertilizantes*. Imprenta Mantor, Santiago, 149 pp.
- BECKER, J. 1981. *Estudio de producción de litter en bosques latifoliados sur de Chile*. Tesis, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 181 pp.
- BEHM, R., H. KRAUSS. 1976. "Untersuchungen zum Problem der Vergütung von Kiefernrinde bei Zusatz verschiedener N-Dunger. Beiträge f.d.", *Forstwirtschaft* 4:167-178.
- CAPPAERT, I., O. VERDONCK, M. DE BOODT. 1977. Degradation of bark and its value as a soil conditioner. Symposium Soil Organic Matter Studies. International Atomic Energy Agency, Viena, pp 123-130.
- DONOSO, C. 1981. *Ecología Forestal. El bosque y su medioambiente*. Edit. Universitaria, Santiago, 369 pp.
- GREZ, R. 1977. *Nährleimenthaushalt und Genese von Böden aus vulkanischen Aschen in Südkile*. Tesis Dr., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Albert-Ludwig, Freiburg, 177 pp.
- GREZ, R., V. GERDING, F. UNION. 1992. "Cenizas de calderas dendroenergéticas. II Residuo industrial utilizable como mejorador de la fertilidad de suelos". *Bosque* 13(2): 39-44.
- GREZ, R., A.L. PIEL, R. AÑAZCO. 1990. "Algunas consideraciones en torno a los métodos de extracción de suelos utilizados para el diagnóstico nutricional". En: *Actas VI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*. Universidad de la Frontera, Temuco, pp 38-43.
- HOWARD, E. 1972. "The utilization of bark as a soil conditioner and fertilizer Kompendium fran SPCI Symposium 18:19-22.
- HUBER, A. 1970. Diez años de observaciones climatológicas en la estación Teja-Valdivia (Chile), 1960-1969. Universidad Austral de Chile, Instituto de Geología y Geografía. Valdivia, 46 pp.
- KELM, I. 1971. *Der Einfluss der Düngung mit unkompostierten Eintrindungsabfällen bei unterschiedlicher N-Düngung auf einige die Bodenfruchtbarkeit best immende Eigenschaften und den Ertrag von Gemüse auf leichten Böden*. Tesis Dr., Universidad von Humboldt, Berlin.
- KÖBERLE, A. 1983. *Schälrindenprodukte*. Tesis, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Albert-Ludwig, Freiburg, 142 pp.
- KRAPFENBAUER, A. 1977. "Rindenverwertung". *Centralblatt f.d.g. Forstwesen* 4:224-236.
- MANAHAN, S.E. 1994. *Environmental chemistry*. Lewis Publishers, 6th ed., Boca Ratón (Florida). 811 pp.
- REYES, L., C. RUBIO, M. ELIZONDO. 1991. "Potencial de la biomasa como recurso energético renovable para Chile" *Actas VII Reunión sobre Investigación y Desarrollo de Productos Forestales*. Universidad Austral de Chile, Valdivia, p. 542.
- RONDANELLI, G.V. 1994. *Efecto de la adición de inóculo de mantillo de bosque nativo en el proceso de fermentación de una mezcla de cortezas de especies nativas*. Tesis, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia, 67 pp.
- SCHARPE, A., E. MEINKEN. 1988. "Eigenschaften und Besonderheiten von Rindenprodukten für die Verwendung im Gartenbau". En: *Rindenprodukte für den Gartenbau*. TASPO-Praxis: 7-12.
- SCHLICHTING, E., H. BLUME. 1966. *Bödenkundliches Praktikum*. Parey, Hamburgo, 209 pp.
- SCHÜLLER, H. 1969. "Die CAL-Methode zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphates in Böden", *Z. Pfl. Bdk.* 123(1): 48-63.
- SOLBRAA, K. 1979. "Composting of bark II: Laboratory experiments", *Meddelelser fra Det Norske Skogforsoksvesen*. 34:14.
- SPOMER, L.A. 1975. "How much hardwood bark is necessary for proper container-soil amendment?", *Forest Product Journal* 25(2): 57-59.
- TASPO-Praxis (Ed.). 1988. "Gute-und Prüfbestimmungen Rinde für Pflanzenbau". En: *Rindenprodukte für den Gartenbau*. TASPO-Praxis (Braunschweig) 1: 111-123.
- VOLZ, K. 1971. "Über den pH-Wert einiger Baumrindes", *Holzcentralblatt* 123: 1783.
- WILL, H. 1981. "Bei Rindensubstraten muss die Startdüngung höhe sein", *TASPO* 51:7.
- ZÖTTL, H.W. 1977. "Rinde-Abfall oder Rohstoff?". *Allg. Forstzeitschrift* 32(6): 154-155.

- _____. 1978. "Die Kompostierung von Schälrinde", *Holzzentralblatt* 104(82): 1263-1264.
- _____. 1980. "Possibilidades de utilização da casca de essecias forestais para o melhoramento do solo", *Floresta* (Curitiba) 11(2): 45-51
- _____. 1988. "Bestimmung und Beseitigung der

- Stickstoffimmobilisierung in Rindenhumus". En: *Rindenprodukte für den Gartenbau*. TASPO-Praxis (Braunschweig) 1: 13-18.
- _____. 1989. "Wachstum aus Abfall". Rinde und ihre ökonomische Aufbereitung zu nützlichen Produkten, *Holz Aktuell*: 84-93.