

## Restos lignocelulósicos de gran tamaño (necromasa) en un bosque templado de antiguo crecimiento del sur de Chile

Carlos Belezaca Pinargote<sup>1</sup>, Roberto Godoy Bórquez<sup>2</sup> y Darwin Salvatierra Piloso<sup>3</sup>

Fecha de recepción:  
9 de octubre, 2015

Fecha de aprobación:  
30 de octubre, 2015

### Resumen

Los restos lignocelulósicos de gran tamaño (RLC), constituyen la necromasa en ambientes boscosos, y cumplen variadas funciones ecosistémicas. Se evaluó el volumen, necromasa, y estados de descomposición de RLC muertos, en un bosque templado de antiguo crecimiento (BTAC) dentro del Parque Nacional Puyehue, Centro-Sur de Chile. En 10 parcelas de 900 m<sup>2</sup>, se cuantificó los RLC ( $\geq 10$  cm  $\phi$ ), cuya necromasa se clasificó empleando una escala de cinco categorías/estados de descomposición (1= menor degradación y 5= mayor degradación). Se encontró 632 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de madera muerta (= 231,5 Mg ha<sup>-1</sup> de necromasa), representados principalmente por *Nothofagus betuloides* (95,2%), siendo los troncos (52,7%) y ramas (35%), las estructuras vegetales más representativas (554,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>  $\approx$  203 Mg h<sup>-1</sup>). Estos resultados demuestran que los BTAC del sur de Chile son importantes reservas de litera leñosa gruesa, que contribuye a la biogeoquímica de estos complejos y remotos ecosistema.

**Palabras claves:** Biogeoquímica, descomposición de madera, madera muerta, troncos

### Abstract

Coarse woody debris (CWD) are the necromass in wooded environments and comply with various ecosystems functions. Volume, necromass, and decay states of CWD dead in an old-growth temperate (OGTF) forest in Puyehue National Park, South-Central Chile were evaluated. In 10 plots of 900 m<sup>2</sup> CWD was quantified ( $\geq 10$  cm diameter), whose necromass classified using a scale of five categories/stages of decay, necromass (1 = lowest and 5 = highest degradation). We found 632 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> of deadwood (= 231,5 Mg ha<sup>-1</sup> of necromass), mainly represented by *Nothofagus betuloides* (95,2%), being logs (52,7%) and branches (35%), the most representative plant structures (554,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>  $\approx$  203 Mg h<sup>-1</sup>). These results demonstrate that the OGTF of southern Chile are significant reserves of coarse woody debris, which contributes to the biogeochemistry of these complex and remote ecosystems.

**Keywords:** Biogeochemical, decaying wood, dead wood, logs.

<sup>1</sup>Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Ambientales, Laboratorio de Microbiología Ambiental y Vegetal, Quevedo, Ecuador. <sup>2</sup>Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Ambientales y Evolutivas, Valdivia, Chile. <sup>3</sup>Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Ambientales, Laboratorio de Geobotánica, Quevedo, Ecuador, [dsalvatierra@uteq.edu.ec](mailto:dsalvatierra@uteq.edu.ec)

## Introducción

La litera leñosa, formada por restos lignocelulósicos como troncos, tocones, ramas, etc., muertas, constituyen una fuente de nutrientes como capital a largo plazo, mediada por una liberación lenta y gradual (Heinemann y Kitzberger, 2006). Su acumulación sobre y bajo el piso forestal, ocurre como producto de disturbios naturales (bosques prístinos) y antropogénicos (bosques intervenidos), (Carmona, Armesto, Aravena y Pérez, 2002; Schlegel y Donoso, 2008). En bosques prístinos su presencia es evidente, constituyendo un componente funcional y estructural como hábitat para productores y consumidores (Wu, Guan, Han, Zhang & Jin, 2005) que tributan a la biogeoquímica del sistema, mediante la liberación de nutrientes (Heinemann y Kitzberger, 2006).

En bosques templados maduros y de lento crecimiento del sur de Chile, se ha estimado que la mayor parte de restos lignocelulósicos (86 a 94% del total) que forman la necromasa gruesa (Carmona, et al., 2002; Schlegel y Donoso, 2008) observada en el presente, pertenecen a árboles muertos hace varias décadas (Césari, Busquets, Colombo, Méndez y Limarino, 2010; Lombardi, Coccozza, Lasserre, Tognetti y Marchetti, 2011), y su relevancia es evidente en las fases de desarrollo del bosque (Césari, et al., 2010). Entre las contribuciones de esta necromasa, se destacan la función de sustrato para plántulas de regeneración del bosque (Brown, Kertis y Huff, 2013), hábitat para meso y microbiota, entre otros. Su descomposición implica procesos físico-químicos, que liberan gradualmente compuestos importantes como nitrógeno (N), fósforo (P) y formas orgánicas e inorgánicas de carbono (C), (Watkinson, et al., 2006) constituyendo uno de los procesos

más importantes del reciclaje en ecosistemas terrestres, no solo por el aporte de nutrientes al suelo y formación de materia orgánica (González-Polo, Fernández-Souto y Austin, 2013), sino también por su contribución al balance global de C (Gough, et al., 2007).

Si bien, existe escasa información sobre restos lignocelulósicos gruesos en bosques templados de antiguo crecimiento del sur de Chile (Carmona, et al., 2002; Schlegel y Donoso, 2008), observaciones de campo dan cuenta de la presencia de estos elementos en diferentes estados de descomposición, que probablemente perduran por años y decenios, fraccionándose y mineralizándose lentamente, contribuyendo a los procesos biogeoquímicos del ecosistema (Lombardi, et al., 2011). En este sentido, el ciclaje de nutrientes desde restos lignocelulósicos gruesos, estaría en función de las etapas de descomposición, definidas de acuerdo a sus características físico-químicas, generalmente proporcionadas por la antigüedad de la madera en el suelo (Marra y Edmonds, 1994; Spies, Franklin y Thomas, 1988; Enrong, Xihua y Jianjun, 2006) con pérdidas graduales del C total por degradación de la celulosa y lignina, y aportes de N al sistema.

De acuerdo a los antecedentes antes mencionados, en el presente trabajo se planteó: 1) determinar cuali-cuantitativamente la necromasa gruesa lignocelulósica ( $\geq 10$  cm de diámetro) acumulada en un bosque templado de antiguo crecimiento del Centro-Sur de Chile.

## Métodos

**Área de estudio.** Estuvo ubicada en la Cordillera de Los Andes, en una formación vegetal de bosque templado siempreverde de antiguo crecimiento, dentro del Parque Nacional Puyehue, Centro-Sur de Chile ( $40^{\circ} 47' S - 72^{\circ} 12' O$ ). El clima es lluvioso

con una precipitación promedio, superior a 7000 mm anuales y una temperatura media anual del aire de 4,5 °C (Oyarzún, Godoy, Schrijver, Staelens y Lust, 2004).

#### Establecimiento de parcelas, estimación del Volumen y necromasa lignocelulósica.

Durante noviembre del año 2013, se establecieron 10 parcelas de 900 m<sup>2</sup> (30 x 30 m) en un área dominada por las especies forestales *Nothofagus betuloides* (Mirb.) Oerst (coigue), *Saxegothaea conspicua* Lindl. (mañío hembra) y *Laureliopsis philippiana* (Looser) R. Schodde (tepa), con edades superiores a los 300 años. Se midió el diámetro (mayor, medio, y menor), y longitud de los restos lignocelulósicos gruesos ( $\geq 10$  cm de diámetro), e identificó la(s) especie(s) forestal(es) a quien pertenecían. Posteriormente, los datos recopilados se procesaron, analizaron y mediante la ecuación de Smaliam [1] sugerida para cubicar trozas apeadas, se estimó el volumen de restos leñosos. Adicionalmente, los restos lignocelulósicos gruesos fueron clasificados en 5 categorías, de acuerdo a sus características físicas y grado de descomposición, siguiendo los criterios propuestos por Spies et al. (1988), Marra y Edmonds (1994), Enrong, et al. (2006), (Tabla 1). La biomasa seca, fue determinada multiplicando el volumen de cada sección de madera, por la densidad

específica (g<sup>-1</sup> cm<sup>-3</sup>), como lo realizó Gayoso (2001) en especies forestales de bosques siempreverdes de Chile, similares a las del presente estudio. Se utilizó los valores de densidad 0,51; 0,44; 0,36; 0,31; y 0,25 g<sup>-1</sup> cm<sup>3</sup> asignados a cada una de las cinco categorías de descomposición, respectivamente.

**Análisis de solubilidad de madera en NaOH 1%.** Tres muestras de madera (tres repeticiones), de *N. betuloides* (latifoliada) y *S. conspicua* (conífera nativa), correspondientes a cada categoría de descomposición se secaron en una estufa a 70 °C durante 8 días. La solubilidad se determinó siguiendo la metodología propuesta en TAPPI 212 om-98. Brevemente, 2 g de aserrín seco al aire, de humedad conocida y tamizado entre mallas de 40 – 60 mesh (0,40 – 0,25 mm), con sus extraíbles intactos, fueron depositados en un Erlenmeyer, al que se agregó 100 mL de una solución de NaOH 1%, e introducidos en un baño termoregulado (97 °C – 100 °C) durante 60 minutos, para posteriormente la mezcla ser enfriada y filtrada. Finalmente, el filtro con aserrín atrapado se secó y pesó. El porcentaje de madera soluble se calculó mediante la ecuación [2].

**Análisis estadísticos.** Los datos obtenidos por cada variable estudiada, se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) con un

$$V = \pi 4 * D_{mayor} + D_{medio} + D_{menor} 32 * L \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde: V = Volumen (m<sup>3</sup>)  
 $\pi$  = 3,1416  
 D = Diámetro (m)  
 L = Longitud (m)

$$\% \text{ de solubilidad} = \frac{(A - B)}{A} * 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde: A = Peso seco de la muestra antes de la extracción (g).  
 B = Peso seco de la muestra después de la extracción

nivel de significancia de 95% ( $P < 0.05$ ), previa comprobación de los supuestos de normalidad y homocedasticidad de varianzas. Posteriormente se aplicó la prueba LSD (mínima diferencia significativa), con un nivel de significancia del 95% ( $P < 0.05$ ). Todos los análisis estadísticos se efectuaron en el programa *STATISTICA 7*, versión para Windows.

## Resultados

### Dasonomía y estratificación del bosque.

Adicionalmente, se determinó que en las 10 parcelas estudiadas las especies forestales dominantes fueron *N. betuloides*, *S. conspicua* y *L. philippiana*, que dominaron los dos primeros estratos superiores del bosque, con una densidad promedio de 299 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , que representaron 111,97  $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$  de área basal y un volumen promedio de 2394,9  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ . Mientras que el estrato arbustivo (< 4 m de altura), estuvo dominado por especies del género *Chusquea*.

### Caracterización cuali-cuantitativa de restos lignocelulósicos.

La necromasa lignocelulósica encontrada en el bosque perteneció principalmente a *N. betuloides* (95%), *S. conspicua* (3,7%) y en menor cantidad a *L. philippiana* (0,8%) y *Dasyphyllum diacanthoides* (Less.) Cabrera (0,3%). En la figura 1 se muestran los aportes ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) de restos lignocelulósicos.

Los restos lignocelulósicos se contabilizaron y clasificaron de acuerdo a la sección del árbol que pertenecían, considerándose ramas, troncos, tocones depositados en el suelo, y árboles muertos en pie. El número promedio de restos leñosos fue de 378 unidades por  $\text{ha}^{-1}$ . La mayor cantidad de restos pertenecieron a ramas y troncos, con promedios generales de 142 y 192 unidades, representando el 35 y 52,7% de la necromasa por  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente. El número promedio de tocones y árboles muertos en pie, fue menor, alcanzando valores de 20 unidades (5,59%), y 23 unidades (6,67%) por  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente (Figura 2).

Se determinó que la mayor parte de los restos lignocelulósicos se encontraban en los dos últimos estados de descomposición 4 y 5 (según escala), con 216 y 126 unidades por  $\text{ha}^{-1}$  como promedio, representando el 57,7 y 33%, respectivamente. La presencia de restos leñosos en las categorías 1, 2 y 3, fue de baja representatividad, encontrándose como promedios 9, 7, y 20 unidades por  $\text{ha}^{-1}$ , lo cual constituye apenas el 2,4; 1,6; y 5,3%, respectivamente (Figura 3).

En total se cuantificaron 632  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  de volumen, que representaron 231,5  $\text{Mg}^{-1} \text{ha}^{-1}$  de necromasa. La mayor parte de la necromasa se encontró en estados avanzados de descomposición (escala 4 y 5), con 375,74

**Tabla 1.** Clasificación de restos lignocelulósicos gruesos de acuerdo a los criterios sugeridos por Spies, et al., (1988); Marra y Edmonds, (1994); y Enrong, et al., (2006).

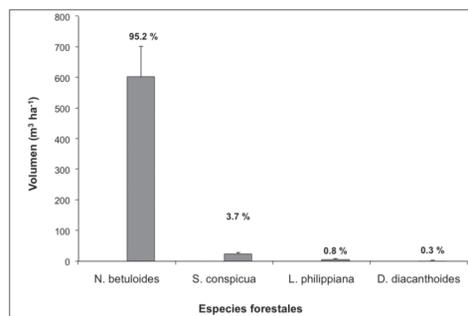
Categorías	Características
1	Material recientemente caído con tejidos y corteza intactos.
2	Albura empezando a descomponerse, pero completamente presente. Corteza empezando a romperse.
3	Albura y corteza mayormente presente, duramen intacto.
4	Corteza y albura casi desaparecida, duramen empezando a descomponerse.
5	Albura y corteza desaparecido, duramen con avanzado estado de descomposición.

$\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  ( $146,54 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), y  $181,74 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$  ( $49,07 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), respectivamente (Figura 4).

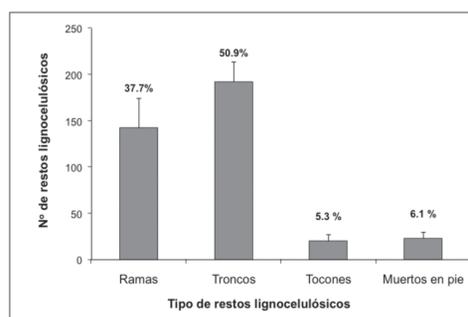
**Solubilidad de madera en NaOH 1%.** Se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,001$ ) entre los cinco estados de descomposición para la madera de *N. betuloides* y *S. conspicua*. La madera en avanzado estado de degradación (estado 5) presentó mayor solubilidad, donde *S. conspicua* alcanzó el 48,9% y *N. betuloides* 34,9%, mientras que los estados 1 – 4 tuvieron baja solubilidad (Tabla 2).

## Discusión

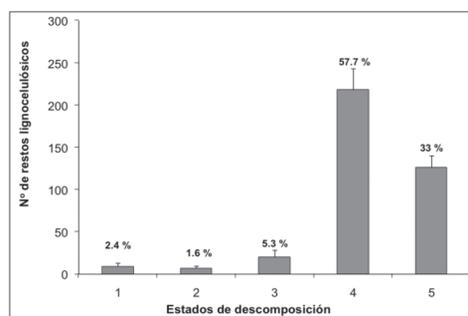
**Densidad, área basal, volumen y estratificación del bosque.** Los valores promedio de las variables densidad ( $299 \text{ árboles ha}^{-1}$ ), área basal ( $111,97 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ) y volumen ( $2394,9 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) encontrados en un bosque templado de antiguo crecimiento del Parque Nacional Puyehue, estuvieron dentro del rango descrito para este tipo de bosques maduros del Centro-Sur de Chile (Donoso, 2013). Sin embargo, estos valores están por debajo de los reportados por Almonacid (2006) y Schlegel y Donoso (2008), quienes en un bosque de similares características en San Pablo de Tregua ( $39^\circ 35' \text{ S } -72^\circ 04' \text{ O}$ ), encontraron rangos de densidad de  $418 - 501 \text{ árboles ha}^{-1}$  y  $114,16 - 125,6 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ , respectivamente. Por otra parte, Carmona et al. (2002) en bosques templados de antiguo crecimiento en Chiloé ( $42^\circ 30' \text{ S}$ ), reportó rangos de densidades ( $2708 - 3250 \text{ árboles ha}^{-1}$ ), y área basal ( $68,9 - 109,4 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ), cuyos valores fueron superiores e inferiores, respectivamente, a los encontrados en la presente investigación. Estas variaciones estarían ligadas a los diferentes tipos de asociaciones vegetales, estados sucesionales y heterogeneidad propia de los bosques templados del sur de Chile, desarrollados bajo condiciones extremas, como bajas temperaturas, precipitaciones superiores



**Figura 1.** Volumen ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) de restos lignocelulósicos depositados en un bosque templado de antiguo crecimiento dominado por *Nothofagus*, Parque Nacional Puyehue, Centro-Sur de Chile. Valores corresponden a promedios de 10 parcelas con su respectivo error estándar.



**Figura 2.** Número, tipo y porcentaje de restos lignocelulósicos por  $\text{ha}^{-1}$ , encontrados en un bosque templado de antiguo crecimiento dominado por *Nothofagus*, Parque Nacional Puyehue, Centro Sur de Chile. Valores corresponden a promedios de 10 parcelas con su respectivo error estándar.



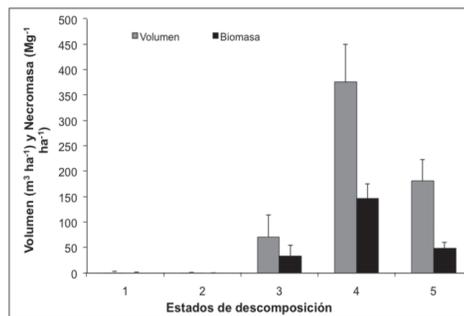
**Figura 3.** Número y porcentaje de restos lignocelulósicos por categoría de descomposición, contabilizados en un bosque templado de antiguo crecimiento dominado por *Nothofagus*, Parque Nacional Puyehue, Centro Sur de Chile. Valores corresponden a promedios de 10 parcelas con su respectivo error estándar.

a los 7000 mm anuales, limitaciones nutricionales, e intermitente actividad volcánica, que ejerce cambios en la estructura vegetacional (Godoy, et al., 2009).

**Restos lignocelulósicos.** El volumen ( $632 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) y necromasa ( $231,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) de restos lignocelulósicos en descomposición, muestra que el bosque templado de antiguo crecimiento estudiado, posee cantidades significativas de madera muerta, donde los mayores aportes fueron de *N. betuloides* con el 95,2%, respecto a *S. conspicua*, *L. philippiana* y *D. diacanthoides*, que tuvieron una participación marginal. El volumen de los restos lignocelulósicos depositados en el bosque, representó el 16,4% del volumen fustal de los árboles vivos por  $\text{ha}^{-1}$ . Los resultados obtenidos reflejan la dominancia de *N. betuloides*, especie sombra-intolerante, cuyos restos maderables depositados en el suelo, liberan espacios con acceso a luz, que rápidamente son colonizados por la regeneración natural, contribuyendo a una sucesión gradual de la vegetación y un lento reciclaje de nutrientes (Watkinson, et al., 2006). Bajo condiciones prístinas, los restos maderables se acumulan en el suelo, cuando el bosque sufre disturbios naturales recurrentes, como actividad volcánica, vientos, nevadas, lluvias torrenciales, derrumbes, o en su defecto ataques de plagas, especialmente en árboles que han

llegado al final de su ciclo biológico (Brown, et al., 2013).

La mayor parte de los restos lignocelulósicos depositados en el suelo del bosque ( $632 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \approx 231,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) se encontraron en los estados más avanzados de descomposición (4 y 5), lo cual indicaría que el bosque es de crecimiento antiguo, y la madera que actualmente se encuentra en degradación, sería el resultado de disturbios naturales ocurridos hace varias décadas, concordante con lo señalado por Césari et al. (2010) y Lombardi et al. (2011). Bajo estas condiciones, la madera en degradación avanzada, constituye un lugar de intensa



**Figura 4.** Volumen ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) y necromasa ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) en cinco estados de descomposición, bajo un bosque templado de antiguo crecimiento dominado por *Nothofagus*, Parque Nacional Puyehue, Centro Sur de Chile. Valores corresponden a promedios de 10 parcelas con su respectivo error estándar.

**Tabla 2.** Solubilidad de madera (%) de *N. betuloides* y *S. conspicua* en NaOH 1%, bajo cinco estados de descomposición. Parque Nacional Puyehue, Centro-Sur de Chile.

ED	Solubilidad de madera en NaOH 1%			
	<i>N. betuloides</i>		<i>S. conspicua</i>	
1	9,36 ± 0,26 a	----- <sup>A</sup>	5,32 ± 0,13 a	----- <sup>B</sup>
2	9,52 ± 0,11 a	1,71	6,01 ± 0,11 a	12,97
3	10,40 ± 0,02 a	11,11	8,01 ± 0,17 a	50,56
4	10,87 ± 0,36 a	16,13	14,99 ± 1,51 a	181,77
5	34,98 ± 9,46 b	273,71	48,87 ± 1,30 b	818,61

actividad microbiológica, principalmente fúngica (Dill y Kraepelin, 1986), que actúan en la transformación y aprovechamiento relativamente rápido de elementos lábiles, (almidones, pectina, proteínas) y luego en la depolimerización gradual de biomoléculas más complejas, como celulosa y lignina (Blanchette, 1991), con la consecuente mineralización de nutrientes como N y P, limitantes en los ecosistemas templados del sur de Chile.

**Solubilidad de madera en degradación.** El estado de degradación más avanzado de la madera (estado 5) presentó mayor solubilidad a NaOH 1%, donde *N. betuloides* (34,9%) y *S. conspicua* (48,9%) fueron estadísticamente similares. La mayor solubilidad de madera en el estado 5 de descomposición, estaría asociado a la pérdida de sus propiedades estructurales, principalmente por actividad de la biomasa microbiana, donde los hongos lignino-celulolíticos colonizan la madera en cuanto esta llega al suelo y empiezan el proceso de degradación de celulosa, lignina y resinas (Blanchette, 1991). Cuanto más degradada está la madera, la concentración de carbohidratos de bajo peso molecular, como pentosanos, hexosanos (poliosas) y celulosas degradadas, aumentan, siendo indicadores robustos de la actividad fúngica (TAPPI, 2000).

### Conclusiones

- La mayor cantidad de restos lignocelulósicos acumulados en el bosque templado de antiguo crecimiento, pertenecieron a *N. betuloides* (95,23%), siendo los troncos (52,7%) y ramas (35%) las estructuras vegetales con mayor presencia en número, volumen y necromasa.
- El bosque templado de antiguo crecimiento dominado por *Nothofagus*,

almacena 632 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de restos lignocelulósicos, que representaron 231,5 Mg ha<sup>-1</sup> de necromasa, cuyos restos se encuentran en los estados 4 (56,5%) y 5 (34,1%) de descomposición, indicando que la mayor parte de estos materiales orgánicos, están en degradación avanzada.

- La necromasa de *N. betuloides* y *S. conspicua* mostró mayor solubilidad en el estado de descomposición más avanzado (estado 5), con un incremento del 274% y 819% con respecto al estado inicial de degradación, respectivamente.

### Referencias

- Almonacid, L. (2006). *Mineralización de nitrógeno en bosques siempreverdes de la cordillera de los Andes, sur de Chile* [Tesis de Grado]. Universidad Austral de Chile. Recuperado de <http://goo.gl/CYO33A>
- Blanchette, R. (September, 1991). Delignification by Wood-Decay Fungi. *Annual Review of Phytopathology*, 29, 381-398. Recuperado por <http://goo.gl/y0YD7P>
- Brown, M., Kertis, J., y Huff, M. (May, 2013). *Natural Tree Regeneration and Coarse Woody Debris Dynamics After a Forest Fire in the Western Cascade Range*. United States Department of Agriculture. Recuperado por <http://goo.gl/gH79DF>
- Carmona, M., Armesto, J., Aravena, J., y Pérez, C. (2002). Coarse woody debris biomass in successional and primary temperate forests in Chiloé Island, Chile. *Forest Ecology and Management*, 164, 265-275. Recuperado por <http://goo.gl/6ohBGB>
- Césari, S., Busquets, P., Colombo, F.,

- Méndez, I., y Limarino, C. (March 1, 2011). Nurse logs: An ecological strategy in a late Paleozoic forest from the southern Andean region. *Journal of the Geological Society*, 38(4), 295-298. Recuperado por <http://goo.gl/ak0lIE>
- Dill, I., y Kraepelin, G. (1986). Palo Podrido: Model for extensive delignification of Wood by *Ganoderma applanatum*. *Applied and Environmental Microbiology*, 52(6), 1305-1312. Recuperado por <http://goo.gl/jCzM9u>
- Donoso, P. (April 15, 2014). Necesidades, opciones y futuro del manejo multi-etáneo en el centro-sur de Chile. En Donoso y Promis (Eds). *Silvicultura en Bosques Nativos. Avances en la investigación en Chile, Argentina y Nueva Zelandia. Estudios en Silvicultura de Bosques Nativos Vol. 1* (pp. 55-85). Recuperado de <https://goo.gl/AcvRYD>
- Enrong, Y., Xihua, W., & Jianjun, H. (January, 2006). Concept and Classification of Coarse Woody Debris in Forest Ecosystems. *Frontiers of Biology in China*, 1(1), 76-84. Recuperado por <http://goo.gl/24sSCW>
- Gayoso, J. (2001). Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques nativos y plantaciones de Chile. *Revista Forestal Iberoamericana*, 1(1), 1-13. Recuperado de <http://goo.gl/hrxKZn>
- Godoy, R., Paulino, L., Valenzuela, E., Oyarzún, C., Huygens, D., y Boeckx, P. (2009). Temperate ecosystems of Chile: Characteristic biogeochemical cycles and disturbance regimes. In C. Oyarzún, N. Verhoest, P. Boeckx, & R. Godoy (Eds.), *Ecological advances on Chilean temperate rainforests* (pp. 31-40). Recuperado de <https://goo.gl/SZZWY5>
- González-Polo, M., Fernández-Souto, A., y Austin, A. (2013). Coarse Woody Debris Stimulates Soil Enzymatic Activity and Litter Decomposition in an Old-Growth Temperate Forest of Patagonia, Argentina. *Ecosystems*, 16(6), 1025-1038. Recuperado por <http://goo.gl/nhPyQr>
- Gough, C., Vogel, C., Kazanski, C., Nagel, L., Flower, C., & Curtis, P.S. (2007). Coarse woody debris and the carbon balance of a north temperate forest. *Forest Ecology and Management*, 244, 60-67. Recuperado por <http://goo.gl/vZ5rHC>
- Heinemann, K., & Kitzberger, T. (June 1, 2006). Effects of position, understory vegetation and coarse woody debris on tree regeneration in two environmentally contrasting forests of north-western Patagonia: a manipulative approach. *Journal of Biogeography*, 33(8), 1357-1367. doi:10.1111/j.1365-2699.2006.01511.x
- Lombardi, F., Coccozza, C., Lasserre, B., Tognetti, R., & Marchetti, M. (June 23, 2011). Dendrochronological assessment of the time since death of dead wood in an old growth Magellan's beech forest, Navarino Island (Chile). *Austral Ecology*, 36(3), 329-340. Recuperado por <http://goo.gl/Z1rRyk>
- Marra, J.L., & Edmonds, R.L. (1994). Coarse woody debris and forest floor respiration in an old-growth coniferous forest on the Olympic Peninsula, Washington, USA. *Canadian Journal of Forest Research*, 24(9), 1811-1817. Recuperado por <http://goo.gl/ufiNG1>
- Oyarzún, C., Godoy, R., Schrijver, A., Staelens, J., y Lust, N. (October, 2004). Water chemistry and nutrient budgets in an undisturbed evergreen rainforest of southern Chile. *Biogeochemistry*, 71(1), 107-123. Recuperado por <http://goo.gl/>

IJU5ia

Schlegel, B.C., & Donoso, P.J. (April, 2008).

Effects of forest type and stand structure on coarse woody debris in Oldgrowth rainforests in the Valdivian Andes, south-central Chile. *Forest Ecology and Management*, 255(5), 1906-1914. Recuperado por <https://goo.gl/phM5Mo>

Spies, T., Franklin, J., y Thomas, T. (December, 1988). Coarse woody debris in Douglas-fir forest of western Oregon and Washington. *Ecology*, 69(6), 1689-1702. Recuperado por <http://goo.gl/BPtcuc>

TAPPI. Technical Assotiation of the Pulp and Paper Industry. (2000). TAPPI Test

Methods 2000 – 2001. Atlanta, United States: TAPPI Press.

Watkinson, S., Bebber, D., Darrah, P., Fricker, M., Tlalka, M., y Boddy, L. (2006). The role of wood decay fungi in the carbon and nitrogen dynamics of the forest floor. In GM Gadd (Eds). *Fungi in biogeochemical cycles* (pp. 151-181). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Wu, J., Guan, D., Han, S., Zhang, M., & Jin, C. (2005). Ecological functions of coarse woody debris in forest ecosystem. *Journal of Forestry Research*, 16(3), 247-252. Recuperado por <http://goo.gl/BFtpO2>.

Para citar este artículo utilice el siguiente formato:

Belezaca, C., Godoy, R. y Salvatierra, D. (noviembre de 2015). Restos lignocelulósicos de gran tamaño (necromasa) en un bosque templado de antiguo crecimiento del sur de Chile. *YACHANA, Revista Científica - Edición Especial*, 4, 213-221.