

## Cuantificación y calificación de madera muerta en un bosque del Chaco Semiárido

*Quantification and qualification of dead wood in a forest of Semiarid Chaco*

Díaz Zirpolo, J. A.<sup>1</sup> y A. M. Giménez<sup>1</sup>

Recibido en abril de 2013; aceptado en octubre de 2013

### RESUMEN

Las evaluaciones cualitativas y cuantitativas del material biológico muerto son utilizadas en los inventarios forestales, dado que juegan un papel clave en el ciclo de nutrientes y agua, constituyendo un verdadero indicador de biodiversidad, reserva de carbono y sustrato. El objetivo del trabajo fue cuantificar, calificar y evaluar el volumen y grado de deterioro de la madera muerta en un bosque bajo clausura de 20 años del Chaco Semiárido. El estudio se realizó en Quimilí Paso, Departamento Salavina, Santiago del Estero, Argentina. Sobre la base de un inventario forestal estratificado, se determinó las existencias del sitio mediante parcelas rectangulares de 10x100m. Se estudió la madera muerta en base a: calificación según posición en el terreno (árboles muertos en pie, troncos caídos y tocones) y diámetro del leño (grueso diámetro >2,5cm; fino diámetro <2,5cm, diámetro de árboles muertos en pie y tocones); cuantificación a partir del volumen de leñas; y determinación del grado de deterioro, en base a 5 estados (I, la corteza no se desprende; II, la corteza se desprende pero se conserva el 50%; III, se conserva menos del 50% de corteza; IV, sin corteza, el tronco se rompe fácilmente; V, la mayor parte del tronco es aserrín). El volumen de madera muerta calculado es 7 m<sup>3</sup>/ha. Del total del volumen cuantificado el 66% corresponde a los árboles muertos en pie. *Acacia praecox* y *Prosopis ruscifolia*, son las especies más representativas constituyendo el 49% y 24% de ese volumen, respectivamente. Este estudio sienta algunas bases para continuar investigando sobre la importancia de la madera muerta presente en el Chaco Semiárido.

**Palabras clave:** Madera muerta; Chaco; Semiárido.

### ABSTRACT

The qualitative and quantitative assessments of dead biological material are used in forest inventories since they play a key role in nutrient and water cycling; they thus constitute a true indicator of biodiversity, carbon stock and substrate. The objective of this study was to quantify, qualify and evaluate the volume and extent of deterioration of the dead wood in a forest under 20 years of closure in the Semiarid Chaco. The study was carried out in Quimilí Paso, Salavina Department, Santiago del Estero, Argentina. Based on of a layered forest inventory, wood stock was determined using 10x100m rectangular plots. Dead wood was studied on the basis of its qualification in terms of its position on the field (standing dead trees, slash, and stumps) and log diameter (i.e. thick when diameter >2.5 cm, slim when diameter <2.5 cm, standing dead trees diameter and stump diameter); and quantification from the volume of firewood, and determination of the deterioration extent based on 5 states (I, bark keeps fixed; II, bark peels and remains 50%; III, bark peels but remains less than 50%; IV, without bark the trunk breaks easily; V, most of the trunk is sawdust). The estimated deadwood volume is 7 m<sup>3</sup>/ha. Of the total quantified volume, 66% corresponds to standing dead trees. The *Acacia praecox* and *Prosopis ruscifolia* are the most representative species that comprise 49% and 24% of that volume. This study lays the foundation for further research on the importance of dead wood in the Semiarid Chaco.

**Keywords:** Wood dead; Chaco; Semiarid.

<sup>1</sup> Laboratorio de Anatomía de Madera, Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques (INSIMA), Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: joseantoniodiazzirpolo@hotmail.com

## 1. INTRODUCCIÓN

Las evaluaciones cualitativas y cuantitativas del material biológico muerto han sido utilizadas con mayor frecuencia en los últimos años, puesto que constituyen verdaderos indicadores de biodiversidad en diferentes ecosistemas forestales (McComb y Lindenmayer, 1999).

La madera muerta, se refiere a toda la biomasa leñosa muerta que no forma parte de la hojarasca, ya sea en pie, que yace en la superficie, las raíces muertas y los tocones de un diámetro igual o superior a 10 cm., o cualquier otro diámetro utilizado por el país. Cada país puede utilizar otro valor límite, que no sea de 10 cm., pero en ese caso, el valor límite utilizado debe ser documentado (FAO, 2005). A su vez representa un componente básico en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas forestales, puesto que provee el hábitat, refugio, alimento y lugares de cría a muchas especies de animales, hongos, briofitas, pteridofitas, bacterias, protozoarios, etc. (Maser y Trappe, 1984).

La madera muerta presente en los ecosistemas forestales, pueden dividirse en grupos que dependerán del tamaño (longitud y diámetro) y la posición del material caído en el suelo o en pie (Harmon y Sexton, 1996).

El diámetro y el grado de descomposición (clase de deterioro) se han utilizado para precisar aún más las categorías de madera muerta (Harmon *et al.*, 1986).

La presencia de biomasa muerta constituye un elemento fundamental para el buen funcionamiento del ecosistema, siendo altamente beneficioso contar con un cierto porcentaje de ésta en el monte mientras no sobrepase un umbral que favorezca la aparición de plagas y aumente la peligrosidad de los incendios forestales (Ferris-Kann *et al.*, 1993).

El principal factor que determina la disminución de la madera muerta en los ecosistemas forestales es la explotación de los bosques, en la cual se cortan los árboles antes de permitir que éstos mueran de manera natural y que permanezcan en el piso del bosque (Dajoz, 2000).

Otro factor de disminución se debe a su uso como material combustible, en particular por la población rural que depende de la leña como principal fuente de energía para su vida cotidiana. El aumento de la población rural conlleva un aumento en la demanda de éste recurso, el cual puede estar poco disponible en las regiones áridas o en aquellas con elevadas tasas de deforestación, o bien determinar una disminución importante en los bosques, lo cual puede afectar su biodiversidad (Olguín, 1994).

El Bosque Chaqueño es el ecosistema más extenso de Argentina. La vegetación típica de la región del Chaco Semiárido es el bosque xerófilo estacional que se caracteriza por presentar un estrato arbóreo con emergentes dispersos y un estrato arbustivo continuo (Morello y Adamoli, 1974).

Predominan en él las especies caducifolias, de hojas pequeñas o transformadas en espinas. Las formaciones vegetales se empobrecen de Este a Oeste en estrecha relación con la disminución de las lluvias, que van de 1.200 a 500 mm anuales (Giménez y Moglia, 2003).

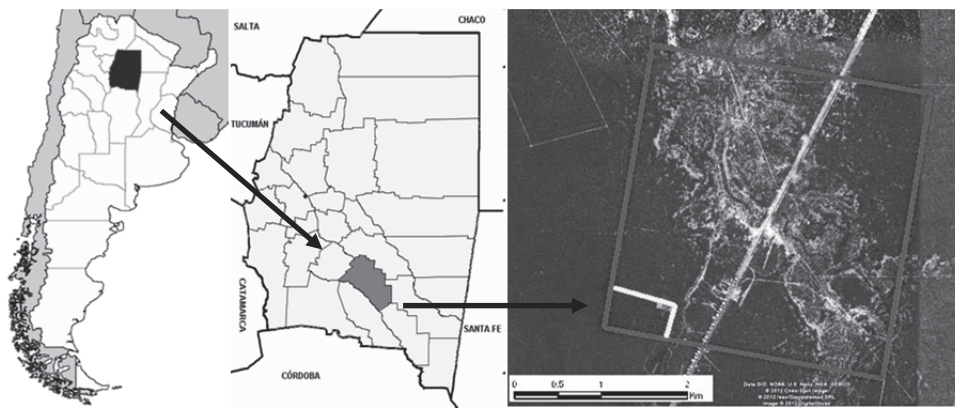
La madera muerta ha sido estudiada bajo diversos enfoques lo cual ha producido en la actualidad una buena cantidad de trabajos tratando directa e indirectamente con éste recurso. Es importante señalar que la mayor cantidad de referencias corresponden a investigaciones realizadas sobre bosques de Europa y Norteamérica (Harmon *et al.*, 1986; Green y Peterken, 1997; Kirby *et al.*, 1998; McGee *et al.*, 1999; Siitonen *et al.*, 2000; Sweeney *et al.*, 2010) siendo escasos los antecedentes respecto a estudios de madera muerta en el país.

Uno de ellos, el informe final de la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2004), realiza una estimación general del volumen, biomasa y contenido de carbono de la Regiones Forestales de Argentina. Sin embargo, resulta necesario profundizar el estudio cuantitativo sobre la madera muerta presente en los bosques del Chaco Semiárido.

En este contexto, el objetivo del trabajo fue cuantificar, calificar y evaluar el volumen y grado de deterioro de la madera muerta presente en un bosque bajo clausura de 20 años del Chaco Semiárido.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Localidad de Quimilí Paso, Departamento Salavina, de la Provincia de Santiago del Estero, Argentina (Figura 1). El área de estudio pertenece al Distrito Chaqueño Occidental (Cabrera, 1976), y su posición geográfica corresponde a la latitud Sur  $28^{\circ}48'51,5''$  y longitud Oeste  $63^{\circ}11'25,5''$ . Se utilizaron imágenes satelitales LANDSAT TM 5 de febrero del 2003.



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio

El clima es semiárido, con precipitaciones escasas y estivales alternando con sequías en períodos bien delimitados (Minetti y Acuña, 1994). La precipitación media anual es de 600 mm. (varía entre 500 - 700).

El área bajo estudio, corresponde a un bosque característico del Chaco Semiárido típicamente degradado por tala selectiva sin manejo y ganadería extensiva (Figura 2), con una cobertura arbórea (25-50%), constituido por dos especies de quebrachos (*Schinopsis lorentzii* y *Aspidosperma quebracho-blanco*), con predominio de garabato (*Acacia praecox*) y vinal (*Prosopis ruscifolia*), y gran cantidad de arbustivas (60-80%) (Giménez y Hernández, 2008).



**Figura 2.** Bosque bajo clausura

Dicho bosque, se encuentra bajo clausura desde hace 20 años, con la finalidad de observar la evolución de la biodiversidad vegetal sin la presencia del ganado y permitir obtener a corto plazo, información necesaria para definir un plan de manejo sustentable del monte.

En cuanto a la composición florística, fueron identificadas 11 especies arbóreas según Tabla 1.

**Tabla 1.** Listado de especies relevadas

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
Garabato	<i>Acacia praecox</i>
Vinal	<i>Prosopis ruscifolia</i>
Algarrobo negro	<i>Prosopis nigra</i>
Tala	<i>Celtis ehrenbergiana</i>
Chañar	<i>Geoffroea decorticans</i>
Quebracho colorado	<i>Schinopsis lorentzii</i>
Quebracho blanco	<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>
Huiñaj	<i>Tabebuia nodosa</i>
Cosquiyuyo	<i>Maytenus vitis-idaea</i>
Tusca	<i>Acacia aroma</i>
Jume negro	<i>Allenrolfea vaginata</i>

A fines del año 2003, fueron instaladas parcelas permanentes correspondientes a un Inventario Forestal Continuo (IFC), con el propósito de determinar las existencias de la masa viva. Para ello se utilizaron 4 parcelas rectangulares de 10 m ancho x 100 m de largo, previamente localizadas y georreferenciadas.

Sobre dichas parcelas, se realizó el estudio de la madera muerta siguiendo las recomendaciones del manual de inventario de material leñoso muerto (Brown, 1974). Para llevar a cabo la calificación y cuantificación (Figura 3), se siguieron las directrices para las mediciones de detritos leñosos en ecosistemas forestales (Adaptado de Harmon y Sexton, 1996).

#### A. Calificación en base a:

##### A.1- Posición en el terreno:

- Árboles muertos en pie,
- Material caído,
- Tocones.

##### A.2- Diámetro del leño (calificación según tamaño), se consideraron 4 tipos;

- Material grueso de diámetro >2,5cm
- Material fino de diámetro <2,5cm
- Diámetro de árboles muertos en pie
- Diámetro de tocones

#### B. Cuantificación a partir del volumen de leña:

- Árboles muertos en pie y tocones; se contabilizaron en toda la parcela y se les midió DAP (cm) y la altura total (m).
- Para el cálculo del volumen por hectárea de los árboles muertos en pie, se calculó la sumatoria del volumen unitario de cada árbol encontrado, obtenido a través de la fórmula de Huber (Pardé y Bouchon, 1994).

$$V_i = A_m l$$

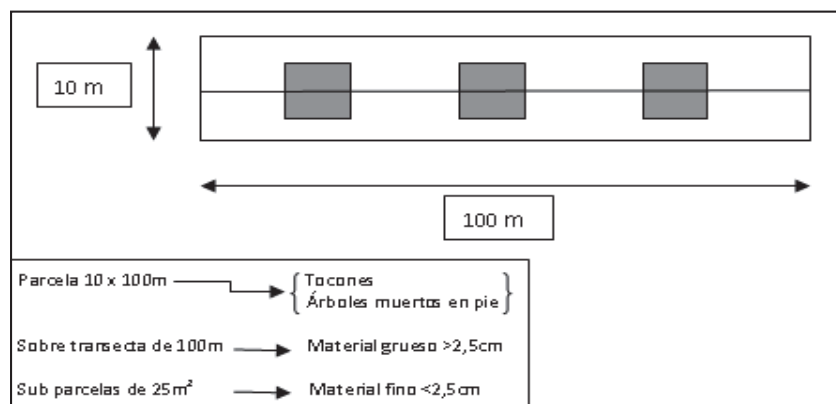
Donde:  $V_i$  es el volumen unitario del árbol muerto en pie ( $m^3$ ),  $A_m$  es el área en el punto medio del árbol y  $l$  su longitud (m).

- Material grueso diámetro  $>2,5\text{cm}$ ; se utilizó la metodología de línea de intersección de Van Wagner (1968), en donde se contabilizó cada tronco caído, rama o trozo de madera, que entró en contacto con la transecta de 100m y se les midió el diámetro (cm) en el punto de contacto. Para el cálculo del volumen de la madera en el suelo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$V = (\pi^2 \times \sum d_i^2) / 8L$$

Donde:  $V$  es el volumen por unidad de área,  $d_i$  es el diámetro (en cm) del tronco  $i$  y  $L$  (m) es la longitud de la transecta (Van Wagner, 1968).

- Material fino  $< 2,5$  cm de diámetro en el punto medio, se determinaron a través de tres subparcelas de  $25\text{m}^2$ , (transecto en cruz de  $5 \times 5\text{m}$ ) ubicadas a 25, 50 y 75 m respectivamente de la transecta, en ella se midió el diámetro (cm) de cada pieza y su longitud (m).



**Figura 3.** Esquema de muestreo empleado para inventario de madera muerta

C. En cuanto a la determinación del grado de deterioro, se adaptó la clasificación propuesta por Pyle y Brown (1998), la cual define la madera muerta en base a 5 estados definidos a partir de características observables, tal como lo muestra la Tabla 2.

**Tabla 2.** Clasificación del grado de deterioro

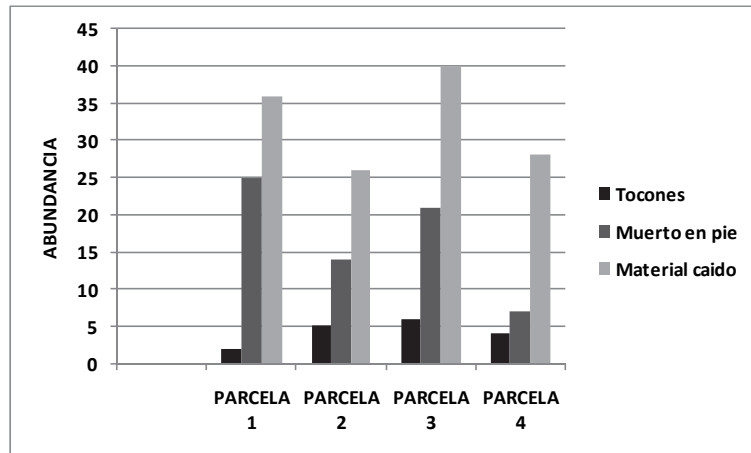
Estados de Descomposición	
I	La corteza no se desprende
II	La corteza se desprende pero se conserva el 50% de la misma
III	Se conserva menos del 50% de la corteza
IV	Sin corteza, el tronco se rompe fácilmente
V	La mayor parte del tronco es aserrín

### 3. RESULTADOS

#### Calificación total de madera muerta

En base a la calificación total según la posición sobre el terreno (Figura 4), la mayor cantidad corresponde al material caído que yace sobre la superficie, quien representa alrededor del 61% de la madera muerta muestreada, el 31% corresponde a árboles muertos en pie y el 8% a

tocones. Dicho cálculo se realizó en base al número de ejemplares de cada clase. Los estadísticos descriptivos de las variables analizadas se indican en Tabla 3.

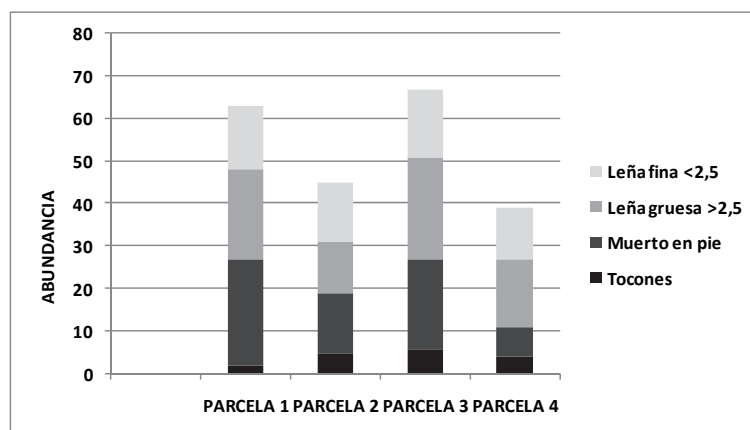


**Figura 4.** Calificación de madera muerta según posición en el terreno.

**Tabla 3.** Estadísticos descriptivos

	Tocones	Muerto en pie	Material caído
Total	17	67	130
Promedio	4,25	16,75	32,5
Desviación Estándar	1,71	7,93	6,61

Con respecto a la calificación de la madera muerta según el diámetro del leño (Figura 5), los resultados reflejan que el material grueso >2,5 cm y los árboles muertos en pie, son los más representativos constituyendo el 34% y 31% respectivamente, mientras que el material fino <2,5 cm constituye el 27%. Los cálculos se realizaron en base a la abundancia de cada tipo de madera muerta.

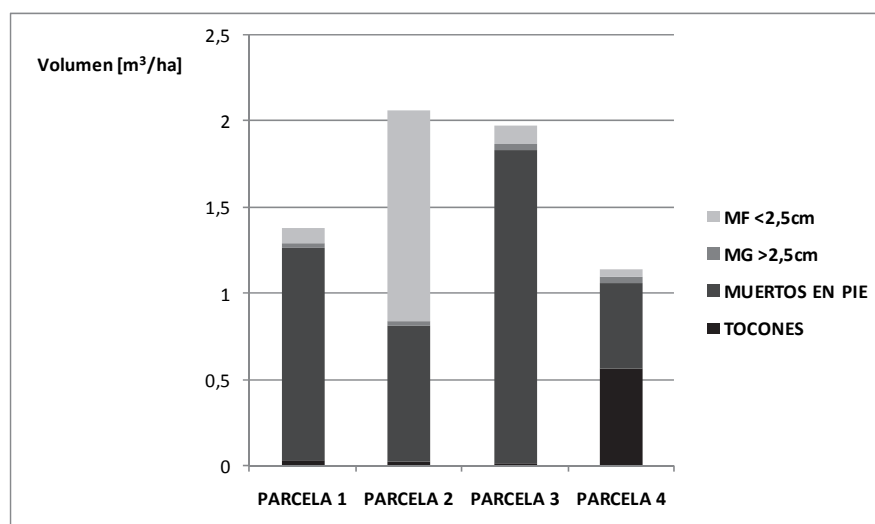


**Figura 5.** Calificación de madera muerta en base al diámetro del leño

### Cuantificación de la madera muerta

A pesar de que el 61% del material se encuentra caído en la superficie del bosque, al momento de cuantificar el volumen de madera muerta (Figura 6), los árboles muertos en pie representaron el 66%, debido al mayor volumen del fuste. El 22% corresponde al material fino <2,5 cm, el 10% pertenece a tocones, y tan solo el 2% es material grueso >2,5 cm. Esto puede ser como consecuencia de la baja cantidad de troncos muertos de gran diámetro (>10 cm), que contienen grandes volúmenes de madera muerta.

Los estadísticos descriptivos de las variables analizadas durante la cuantificación se indican en Tabla 4.



**Figura 6.** Cuantificación de madera muerta en la clausura.

**Tabla 4.** Estadísticos descriptivos

	Tocones	Muerto en pie	LG >2,5	LF <2,5
Total	0,64	4,33	0,12	1,47
Promedio	0,16	1,08	0,03	0,36
Desviación Estándar	0,27	0,57	0,003	0,57

### Volumen de madera muerta discriminada por especie

Si bien se identificaron 11 especies arbóreas, las más representativas fueron el garabato (*Acacia praecox*) y el vinal (*Prosopis ruscifolia*), constituyendo el 49% y 24% del volumen total de madera muerta, respectivamente (Figura 7). Ambas son especies del bosque secundario típicas de una sucesión post-disturbio originado por causas naturales o humanas.

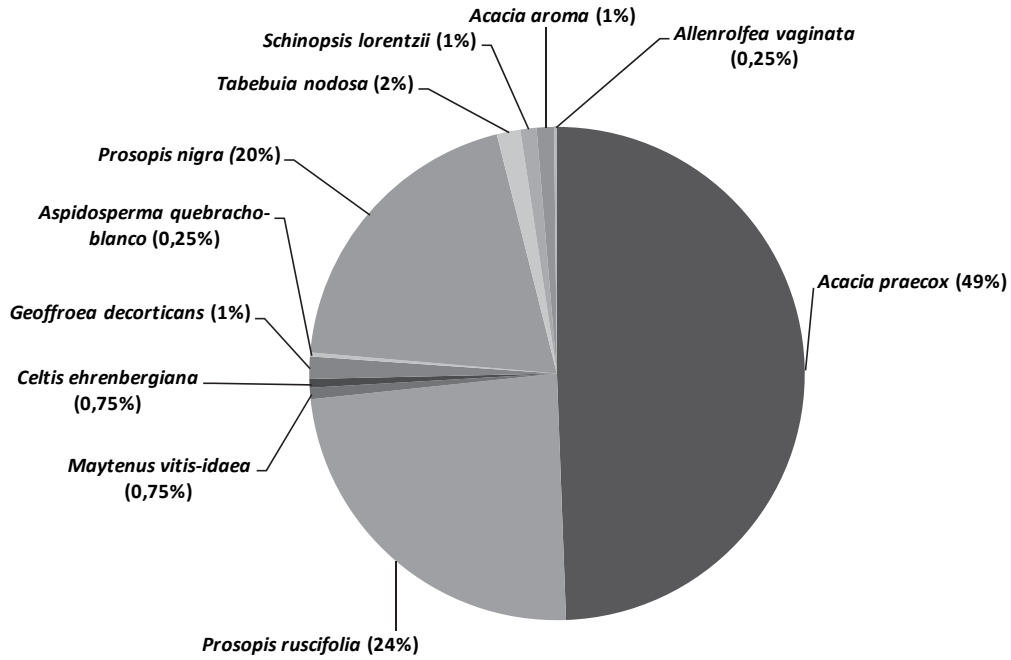


Figura 7. Volumen de madera muerta por especie

**Determinación del grado de deterioro**

En cuanto al análisis del grado de deterioro, los estados II y III fueron los más importantes representando ambos el 76% del total de las muestras (Figura 8). Esto refleja que la mayor parte de la madera muerta, se halla en un estado intermedio de descomposición.

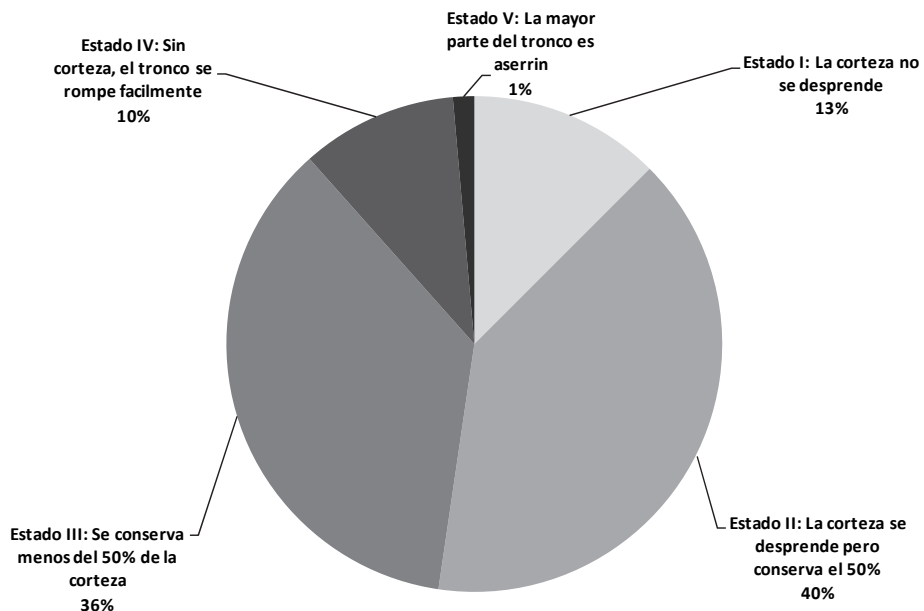


Figura 8. Estados de deterioro de madera muerta



#### 4. DISCUSIÓN

Según McComb y Lindenmayer (1999), las evaluaciones cualitativas y cuantitativas del material biológico muerto han sido utilizadas con mayor frecuencia en los últimos años, en donde el valor de una unidad individual de madera muerta se encuentra influenciado por su calidad. A su vez, las variables de mayor importancia incluyen el tamaño de la unidad, la etapa de descomposición, la posición (de pie o caído), y las especies arbóreas.

En base a la calificación del tamaño del leño realizada durante la investigación, los resultados demuestran que el material grueso  $>2,5$  cm y los árboles muertos en pie, fueron los más representativos.

Si bien la tala sostenida e indiscriminada constituye una actividad incorporada en la región a lo largo de los años, se determinó un bajo porcentaje de tocones debido principalmente a la función protectora que cumple la clausura del bosque, mientras que en base a la posición sobre el terreno muestreada, la mayor cantidad correspondió al material caído que yace sobre la superficie.

En correspondencia con los resultados del inventario forestal de la masa viva, las especies arbóreas más representativas y abundantes en el sitio fueron el garabato (*Acacia praecox*) y el vinal (*Prosopis ruscifolia*), tratándose de especies de carácter sucesional, típicas del bosque secundario originado por perturbaciones naturales o humanas (Giménez *et al.*, 2009)

Según Kirby *et al.*, (1998); Siitonen *et al.*, (2000); Christensen *et al.*, (2005), los bosques bajo manejo suelen contener menor cantidad de madera muerta, que aquellos que no han sido manejados.

Sin embargo, el recurso madera muerta se encuentra poco disponible, principalmente por la falta de un criterio de manejo forestal sostenible y la gran presión ejercida por la población rural, debido a su uso como material combustible. Según Olguín (1994), las causas anteriormente mencionadas, constituyen los principales factores de disminución de madera muerta en las regiones áridas o en aquellas con elevadas tasas de deforestación.

En concordancia con Siitonen (2001), el uso intensivo de los recursos forestales dará lugar a que se produzcan grandes reducciones en el volumen de madera muerta y en los cambios de su calidad en los bosques.

El efecto de la intensidad de las cortas por entresaca generan grandes cantidades de madera muerta aunque de pequeñas dimensiones, por lo que el valor asignable a ella, aunque es importante, no puede equipararse a la producida por los pies adultos provenientes de la muerte natural.

Según Nilsson *et al.* (2002), los bosques maduros se caracterizan por tener una menor densidad de árboles muertos en pie, pero con un mayor diámetro lo cual se comprobó a través de los resultados obtenidos de la cuantificación de madera muerta realizada en éste estudio.

Los datos obtenidos de volumen de madera muerta calculado ( $7 \text{ m}^3/\text{ha}$ ), fueron comparados con los resultados de otros estudios.

Dichos resultados se encuentran por debajo del rango estimado para bosques boreales o templados, situados entre los valores de  $10 \text{ m}^3/\text{ha}$  y de  $130 \text{ m}^3/\text{ha}$ , y representan la mitad del valor obtenido por Siitonen *et al.* (2000) en el Sur de Finlandia, cuyos valores fueron de  $14 \text{ m}^3/\text{ha}$  en rodales maduros ( $<120$  años) y tres veces menor que los  $23 \text{ m}^3/\text{ha}$  reportados por Green y Peterken (1997), en bosques sobremaduros de más de 120 años en Reino Unido.

Nuestros resultados representan la mitad del valor reportado por la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable, de manera general, estima que la biomasa media de madera muerta para la región del Parque Chaqueño es  $14 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

A su vez, son similares al volumen reportado por Fridman y Walheim (2000), para bosques manejados de Suecia, cuyo valor se estima en 6,1 m<sup>3</sup>/ha.

Hay que tener en cuenta que la cantidad y estructura de la madera muerta, podrán ir variando según la ubicación geográfica, la edad y el tipo de bosque.

Según Harmon (1986), el tamaño utilizado para la calificación de los restos leñosos muertos, varía ampliamente entre los distintos estudios, lo cual torna sumamente difícil el realizar comparaciones exactas.

En cuanto al tipo de madera muerta presente en el bosque bajo clausura, cabe reseñar la influencia de factores tanto naturales como de carácter antrópico.

Sin embargo, los factores causales que rigen la descomposición de la madera son aún poco conocidos (Cornwell *et al.*, 2009).

Según Swift *et al.* (1979), la descomposición de la madera muerta se encuentra regulada por tres factores que interactúan entre sí, el ambiente físico-químico, la calidad del recurso y los organismos presentes.

La calificación de un tronco caído o un árbol muerto en pie en diferentes clases de descomposición resulta crucial en los inventarios de madera muerta, puesto que los diferentes grados de deterioro, atraen diferentes organismos (Harmon *et al.*, 1986; Söderström, 1988).

Los grados de deterioro II y III constituyen el 40% y 36%, respectivamente del total de la madera muerta evaluada. Dichas proporciones guardan relación con la calificación del tamaño del leño realizada, puesto que el material grueso >2,5 cm y los árboles muertos en pie, representan en gran medida dichos estados.

La calificación y cuantificación de la madera muerta constituyen una ayuda para lograr entender la dinámica de la misma, a su vez, permitirán definir criterios técnicos que establezcan tamaño y distribución de madera muerta en los distintos estados de descomposición, poniendo de manifiesto la importancia del manejo en la presencia de madera muerta.

## 5. CONCLUSIÓN

Se puede concluir que:

- La cantidad de madera muerta en el bosque bajo clausura de 20 años se calculó en 7m<sup>3</sup>/ha.
- En base a la calificación propuesta, el material grueso >2,5 cm y los árboles muertos en pie, son las clases de madera muerta más abundantes, puesto que en conjunto representan el 65% de la misma.
- De la cuantificación total del volumen de madera muerta, el 66% corresponde a los árboles muertos en pie.
- *Acacia praecox* y *Prosopis ruscifolia*, son las especies más representativas del volumen total de madera muerta, constituyendo el 49% y 24% respectivamente.
- La mayor parte de la madera muerta, se halla en un estado intermedio de descomposición.
- Éste es el primer estudio sobre madera muerta en la región, razón por la cual sienta bases para comenzar a investigar sobre la importancia de la madera muerta presente en los bosques del Chaco Semiárido.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Brown, J. K. 1974. "Handbook for inventorying downed woody material". USDA Forest Service. Ogden, Utah. 1-24.
- Cabrera, A. L. 1976. "Regiones fitogeográficas argentinas". Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II Fs. 1. Ed. ACME. Bs. As. Argentina. 1-85 pp.
- Cornwell, W. K.; Cornelissen, J. H.; Allison, S. D., Bauhus, J.; Eggleton, P.; Preston, C.; Scarff, F.; Weedon, J. T.; Wirth, C. and A. E. Zanne. 2009. "Plant traits and wood fates across the globe: rotted, burned, or consumed?". *Global Change Biology* 15(10): 2431-2449.
- Christensen, M.; K. Hahn; E. P. Mountford; P. Standova; S. Rozenbergar; J. Diaci; S. Wiljdeven; P. Meyer; S. Winter and T. Vrska. 2005. "Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves". *Forest Ecology and Management*. 210, 267-282.
- Dajoz, R. 2000. "Insects and Forests. The Role and diversity of insects in the forest environment". Intercept Ltd, Londres. 668 p.
- FAO. 2004. "Actualización de la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales a 2005 Términos y Definiciones". Programa de evaluación de los recursos forestales. Documento de trabajo 83/S. Roma.
- Ferris-Kaan, R.; D. Lonsdale and T. Winter. 1993. "The conservation management of deadwood in forests". Research Information Note 241. Research Division. Forestry Authority. Edimburgo.
- Fridman, J. and M. Walheim. 2000. "Amount, structure, and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden". *Forest Ecology and Management*. 131, 23-36.
- Giménez, A. M. y J. G. Moglia. 2003. "Árboles del Chaco Argentino. Guía para el reconocimiento dendrológico". Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable del Ministerio de Desarrollo Social, FCF-UNSE. 310 p.
- Giménez, A. M. y P. Hernández. 2008. "Biodiversidad en ambientes naturales del Chaco Argentino. Vegetación del Chaco Semiárido, Provincia de Santiago del Estero". FONCYT. FCF-UNSE. Fascículo 1. 120 p.
- Giménez, A. M.; N. Ríos; P. Hernández y J. G. Moglia. 2009. "Influencia de la edad en crecimiento de vinal (*Prosopis ruscifolia* Burkart.) en la Provincia de Santiago del Estero". *Madera y Bosques*, México. Volumen 15(2): 45-54.
- Green, P. and G. F. Peterken. 1997. "Variation in the amount of dead wood in the woodlands of the Lower Wye Valley, UK in relation to the intensity of management". *Forest Ecology and Management* 98, 229-238.
- Harmon, M. and J. Sexton. 1996. "Guidelines for measurements of woody detritus in forest ecosystems". Publication N° 20. U.S. LTER Network Office, University of Washington, Seattle, WA. 73 pp.
- Harmon, M. E.; J. F. Franklin; F. J. Swanson; P. Sollins; S. V. Gregory; J. D. Lattin; N. H. Anderson; S. P. Cline; N. G. Aumen; J. R. Sedell; G. W. Lienkaemper; K. JR. Cromack and K. W. Cummins. 1986. "Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems". *Adv. Ecol. Res.* 15, 133-302.
- Kirby, K. J.; C. M. Reid; R. C. Thomas and F. B. Goldsmith. 1998. "Preliminary estimates of fallen dead wood and standing dead trees in managed and unmanaged forests in Britain". *Journal of Applied Ecology* 35, 148-155.
- Maser, C. and J. M. Trappe. 1984. "The seen and unseen world of the fallen tree". Technical report U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station. 56p.
- McComb, W. C. and D. Lindenmayer. 1999. "Dying, Dead, and Down Trees, Chapter 10, in Hunter, M. L., Jr., *Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge, England. 695 pp.
- McGee, G. G.; D. J. Leopold and R. D. Nyland. 1999. "Structural characteristics of oldgrowth, maturing, and partially cut northern hardwood forests". *Ecological Applications* 9, 1316-1329.

- Minetti, J. y L. Acuña. 1994. "Régimen de variabilidad interanual de las precipitaciones anuales en el centro-este de la Provincia de Santiago del Estero". INTA. Centro Regional Tucumán, Santiago del Estero.
- Morello, J. y J. Adamoli. 1974. "Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco argentino. Segunda Parte: Vegetación y ambiente de la Provincia del Chaco". INTA Serie Fitogeográfica 13:1-130.
- Nilsson, S. G.; M. Niklasson; J. Hedin; G. Aronsson; J. M. Gutowski; P. Linder; H. Ljungberg; G. Mikusinski and T. Ranius. 2002. "Densities of large living and dead trees in old-growth temperate and boreal forests". *Forest Ecology and Management* 161, 189-204.
- Olgún, E. 1994. "Evaluación y optimización del uso de la leña". Instituto de Ecología, A. C., Veracruz, México. 75 p.
- Pardé, J. y J. Bouchon. 1994. "Dasometría". Ed. Paraninfo. Madrid. 387 p.
- Pyle, C. and M. M. Brown. 1998. "A rapid system of decay classification of hardwood logs of the eastern deciduous forest floor". *J. Torrey Bot. Soc.* 125: 237-245.
- SAyDS (Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable). 2004. "Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono de la Regiones Forestales de Argentina".
- Siitonen, J.; P. Martikainen; P. Punttila and J. Rauh. 2000. "Coarse woody debris and stand characteristics in mature managed and old-growth boreal mesic forests in southern Finland". *Forest Ecology and Management* 128, 211-225.
- Siitonen, J. 2001. "Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example". *Ecological Bulletins* 49: 11-41.
- Söderström, L. 1988. "Sequence of bryophytes and lichens in relation to substrate variables of decaying coniferous wood in Northern Sweden". *Nord. J. Bot.* 8, 89-97.
- Sweeney, O.; R. Martin; S. Irwin; T. Kelly; J. O'Halloran; M. Wilson and P. McEvoy. 2010. "A lack of large-diameter logs and snags characterises dead wood patterns in Irish forests". *Forest Ecology and Management* 259, 2056-2064.
- Swift, M. J.; W. O. Heal; J. M. Anderson 1979. "Decomposition in terrestrial ecosystems". *Studies in Ecology*. Vol 5. University of California Press. Berkeley, California, USA. 372 p.
- Van Wagner, C. E. 1968. "The line-intersect method in forest fuel sampling". *Forest Science*. 14, 20-26.

