

# BIOMASA AEREA Y CAIDA DE HOJARASCA EN PLANTACIONES DE DIFERENTES EDADES DE *Araucaria angustifolia*. Resultados iniciales.\*

## AERIAL BIOMASS AND LITTER FALL IN *Araucaria angustifolia* DIFERENT AGE PLANTATIONS. INICIAL RESULTS.

Roberto Fernández<sup>1</sup>

Rodolfo Martiarena<sup>1</sup>

Ana Lupi<sup>2</sup>

Juan Goya<sup>3</sup>

Jorge Frangi<sup>3</sup>

Julio Bernio<sup>4</sup>

Hipólito Kuzdra<sup>1</sup>

1. INTA. EEA Montecarlo. Libertador 2472. (3384) Montecarlo. Misiones. rfernandez@ceelcom.ar
2. INTA. CIRN. Cautelar
3. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. LISEA UNLP.
4. Técnico contratado por EEA Montecarlo

### SUMMARY

The work was conducted in 20, 29 and 40 year old *Araucaria angustifolia* plantations in northern Misiones. The biomass and necromass of different compartments that actuate as nutrient reservoirs have been determined: a) plantation aerial biomass, cutting 27 trees, 9 of each age, b) bush and herbaceous undergrowth, dividing the first of them in ligneous and green fractions and the second in 3 fractions, as fern, grasses and dicotyledoneans, c) forest floor, divided in two strata, according to decomposition degree and d) the monthly fall during two years of vegetative material classified in different components. Independently from age, trunks always presented the higher biomass. The foliage biomass proportion on the total aerial one diminishes with age. The total undergrowth biomass has been 4.427 kg.ha<sup>-1</sup>, 3,7% of the total existence. The F strata necromass was 4,3 and 15, 2 (Mg.ha<sup>-1</sup>), and F was 6,7 and 7,8 (Mg.ha<sup>-1</sup>) for the 20 and 40 year old plantations respectively.

**Key words:** aerial biomass, aerial productivity, *Araucaria angustifolia*.

### RESUMEN

El trabajo se llevó a cabo en plantaciones de *Araucaria angustifolia*, de 20, 29 y 40 años de edad localizadas en el norte de Misiones. Se determinó la biomasa y necromasa de los diferentes compartimentos que actúan como reservorios de nutrientes: a) Biomasa aérea de la plantación de araucaria, donde se apearon 27 árboles -9 de cada edad-, b) sotobosque arbustivo y herbáceo, el primero se dividió en material lignificado y material verde y, el segundo se separó en tres compartimentos considerados como helechos, gramíneas y dicotiledóneas, c) piso forestal, donde se trabajó con dos capas de acuerdo al grado de descomposición del material y, d) se determinó la caída de mensual por compartimiento de material vegetal que se desprendió de los árboles durante dos años. Independientemente de la edad el fuste presentó siempre la mayor biomasa. Respecto de la biomasa de hojas se observó

---

\* Trabajo parcialmente financiado por el Proyecto Forestal de Desarrollo. SAGPyA-BIRF.

que su proporción relativa sobre la biomasa aérea de araucaria disminuye con la edad. La biomasa total registrada en el sotobosque fue de 4.426,73 kg por hectárea, resultando ser el 3,69 % de la biomasa vegetal total existente. La necromasa de la capa F resultó en 4,3 y 15,2 ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), mientras que la de la F fue 6,7 y 7,8 ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) para los rodales de 20 y 40 años, respectivamente

**Palabras clave:** biomasa aérea, productividad aérea, araucaria angustifolia.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos del manejo forestal sustentable es el mantenimiento de la capacidad productiva de los sitios y, por lo tanto, de la productividad de las futuras plantaciones. En este sentido es oportuno mencionar que las principales regiones del país, donde se desarrolla actualmente la actividad forestal, cuentan con suelos fértiles, por lo menos en términos comparativos con regiones forestales de otros países. En rigor, la implantación de bosques en estas tierras ha permitido posicionar su ritmo de crecimiento entre los mejores del mundo (Fernández, 2002).

El establecimiento de una relación armónica entre las decisiones de manejo forestal y las características del balance y la circulación de los nutrientes es un aspecto clave para el mantenimiento de la productividad de los sitios.

Dentro de los límites del ecosistema forestal, en sentido vertical la altura del vuelo y la profundidad de exploración radicular, los nutrientes se encuentran distribuidos en varios reservorios, o compartimentos, tanto de la biomasa, de la necromasa, y del suelo. En sitios fértiles, los reservorios más importantes tienden a localizarse en el suelo (Fernández, 2002); mientras que en ambientes de suelos frágiles o degradados, con bajas reservas de nutrientes, normalmente los compartimentos más ricos son la biomasa y la necromasa (Worrel y Hampson 1997).

Si bien la intensidad del impacto de las operaciones forestales tiende a ser mayor en suelos de baja capacidad productiva, es necesario considerar que aún en sitios relativamente fértiles pueden presentarse deficiencias. Por ejemplo, en suelos de alta capacidad productiva, como los rojos profundos de Misiones y NE de Corrientes (Fernández et al 1999, Pahr et al 2000), ha sido detectado que el fósforo y el potasio presentan baja estabilidad nutritiva.

Efectivamente, Goya et al (2002), evaluaron el índice de estabilidad de las plantaciones para el conjunto de los macronutrientes, y observaron que el P y el K presentaron bajos índices de estabilidad en todos los escenarios de cosecha-post-cosecha-establecimiento de plantaciones de *P. taeda*, para las condiciones de sitios del NE de Misiones. Asumiendo la tasa de reposición neta de nutrientes al suelo como insignificante, y que no se fertiliza, los autores advierten que de aplicarse la cosecha de árbol entero asociada a la quema de residuos en el establecimiento, tanto el P como el K alcanzarían límites críticos de estabilidad en aproximadamente dos rotaciones, lo cual pondría en duda la posibilidad de sostener las elevadas tasas de producción actuales.

Con el objeto de generar información estratégica para el manejo forestal sustentable, desde 1996, se articulan acciones entre la EEA Montecarlo del INTA, el LISEA (Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales) de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, y el Proyecto Forestal de Desarrollo (SAGPyA-BIRF) en *Pinus taeda* y *Araucaria angustifolia*.

En este trabajo se presentan los resultados iniciales correspondientes a uno de los objetivos del Proyecto, a saber: Evaluar la biomasa aérea y la productividad de plantaciones de *Araucaria angustifolia*, mediante una cronosecuencia de 20, 29 y 40 años de edad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo se lleva a cabo en plantaciones de tres edades, localizadas en dos sitios. El rodal más antiguo, contaba con 39 años al inicio del muestreo, en 2000, se ubica en el Campo Anexo Manuel Belgrano. Los dos rodales restantes, de 20 y 29 años, se ubican en un predio perteneciente a la empresa Puerto Laharrague SA. Para cada uno de estos tres rodales se instalaron tres parcelas de muestreo de 600 m<sup>2</sup>.

### Características de las áreas de estudio

**Campo anexo Manuel Belgrano:** Propiedad del INTA, e encuentra ubicado a la vera de la Ruta nacional N° 101 Km 452, San Antonio, Departamento Manuel Belgrano, provincia de Misiones, ubicado geográficamente a los 26° 04' de latitud sur y 53° 45' de longitud oeste, a unos 565 m SNM. La región posee un clima Subtropical húmedo, con un régimen pluviométrico isohigro, considerando que en cualquier estación o mes del año puede haber sequía o abundantes precipitaciones. Las heladas que se registran son relativamente intensas debido a la altitud que posee. La temperatura media de la zona es de 19,4° C, la máxima absoluta es de 35,5° C y la precipitación media anual es de 2026,6 mm. Se conocen registros de temperaturas mínimas absolutas de -7° C (Fassola et al 1997). El suelo del área de las parcelas de muestreo se clasifica dentro de los tierras aptas para araucaria (Fernández et al, 1999) pertenece al gran grupo kandiudaf, es rojo, bien drenado, con profundidad efectiva superior a los 2 metros. Su relieve es suave ondulado con pendientes de orden 8%.

**Puerto Laharrague:** Perteneciente a la empresa Puerto Laharrague S.A., Dpto. Montecarlo, Misiones. Geográficamente, se ubica a los 26° 30' de latitud sur y los 54° 40' de longitud oeste. El clima de la zona se caracteriza por presentar una temperatura media anual entre 20 y 21° C y una amplitud media anual de 11° C. Las precipitaciones varían en torno a los 2000 mm anuales y su distribución es de tipo isohigro. Los suelos de estos rodales también se clasifican como aptos para araucaria, y pertenecen al gran grupo kandiudult, son rojos, bien drenados, con profundidad efectiva superior a los 2 metros. Su relieve es suave ondulado a ondulado, con pendientes de orden 8 al 15%.

### Características de los rodales

**San Antonio:** El uso anterior de este sitio fue un monte nativo. Sembrado en el año 1961, las parcelas de este rodal en el año 2000 contaban aproximadamente con 270 árboles por ha, 28 m<sup>2</sup> de área basal y 20 m de altura total.

**Puerto Laharrague: Sitio 1:** El uso anterior de este sitio fue cultivo de Tung (*Eleurites fordii*). Sembrado en el año 1973 las parcelas de este rodal en el año 2000 contaban aproximadamente con 220 árboles por ha, 22 m<sup>2</sup> de área basal y 19 m de altura total.

**Sitio 2:** El uso anterior de este sitio fue monte nativo. Sembrado en el año 1982 las parcelas de este rodal en el año 2000 contaban aproximadamente con 330 árboles por ha, 21 m<sup>2</sup> de área basal y 17 m de altura total.

Determinación de biomasa. Peso de árboles.

El peso de los árboles se obtuvo por medio de técnicas de análisis dimensional (Whittaker & Woodwell 1968). Se aparearon en total 27 árboles distribuidos en 3 grupos, correspondiendo 9 a

cada una de las edades. En cada una de las edades se obtuvieron tres por cada clase diamétrica de acuerdo a la distribución existente en la parcela. El material fue separado y pesado en 7 compartimentos diferentes: Fuste, Ramas mayores a 5 cm. de diámetro en sus extremos, Ramas comprendidas entre 1 y 5 cm. de diámetro en sus extremos, Ramas secas de cualquier diámetro, Hojas verdes mas ramas menores a 1 cm de diámetro, Hojas secas y Frutos. El peso del fuste fue determinado por medio de báscula industrial comercial, mientras que el resto del material se lo pesó en el lugar de apeo de los mismos con una balanza de mayor precisión.

De cada uno de los compartimentos fueron extraídas muestras para determinar el peso seco final en cada uno de los compartimentos. Estas estuvieron compuestas por muestreo al azar asegurando la composición de la muestra con material de diferentes sectores del árbol. Las mismas fueron llevadas a estufa y colocadas a 70° C hasta obtener peso constante. Una vez determinado este se calculo el coeficiente para la estimación del peso seco, el cuál fue aplicado a la totalidad del material pesado en el campo. Estas muestras secadas en estufa fueron analizadas y se determinó sobre ellas la concentración de nutrientes.

## Sotobosque

Se trabajó en las tres edades realizando parcelas para la determinación de la biomasa existente en el estrato herbáceo y en el arbustivo.

Estrato arbustivo: se realizaron parcelas rectangulares de 4 x 2 m distribuidas en forma al azar dentro del rodal correspondiente. Se realizaron en total 15 parcelas por cada uno de los rodales. Allí se extrajeron todas las plantas arbustivas o arbóreas que poseían material lignificado al momento del muestreo y que no pertenecen al estrato arbóreo en estudio. Se dividió en dos compartimentos, uno con material verde que comprende a las hojas y, por otro lado, todo lo que es material leñoso. Todo este material fue pesado en el campo, mientras que de allí se extrajeron muestras para llevar a estufa y secar a 70° C hasta llegar a peso constante. De estas muestras secas se extrajeron alícuotas y se analizó la concentración de nutrientes.

Estrato herbáceo: Se realizaron 10 parcelas de 1 x 2 m en cada una de las edades. Se dividió en tres categorías: helechos, dicotiledóneas y gramíneas. Se pesaron y se obtuvieron los porcentajes de cada una de ellas. También se extrajo una muestra que se llevó a estufa a 70° C hasta obtener peso constante. Alícuotas de las mismas se extrajeron para determinar la concentración de nutrientes.

## Masa de hojarasca y mantillo

La masa de hojarasca fue estimada de acuerdo a cada una de las edades, realizando 30 sub parcelas de 0,25 m<sup>2</sup> en cada una de las edades, separando en dos capas, L y F. La capa L consta de restos vegetales muertos no alterados, mientras que la capa F representa una zona que se halla inmediatamente debajo de la L, que consta de materia orgánica fragmentada y parcialmente desintegrada pero que aún permite la identificación de su origen (Pritchett, 1986). No se obtuvieron registros de la capa H dado que la tasa de transformación e incorporación del material humificado es tan elevada que prácticamente no pueda identificarse en las condiciones del muestreo realizado.

La masa obtenida en el campo fue llevada a estufa y colocada a 70° C par obtener el peso seco. Alícuotas de estas muestras fueron extraídas y analizadas las concentraciones de nutrientes presentes en ellas.

## Productividad aérea

La productividad de una plantación es un concepto ecológico que hace referencia a la tasa de formación de materia orgánica conformada por todos los componentes del sistema y se encuentra directamente relacionada con la especie y las características ambientales del sitio. Por lo tanto, los parámetros a considerar para su determinación son el incremento anual leñoso más los órganos y compartimentos que se desprenden del dosel durante el lapso de un año. Este desprendimiento de material o caída de hojarasca se estimó en 10 canastas de 0,25 m<sup>2</sup> en cada parcela, es decir 30 canastas para cada una de las edades que se pusieron en estudio. La totalidad del material fue llevado a estufa hasta obtener su peso seco final. A partir de allí se separó en compartimentos considerando, hojas, ramas, corteza y fruto. De estas muestras se obtuvieron alícuotas, las cuáles están en proceso de determinación de nutrientes.

## RESULTADOS

### Biomasa

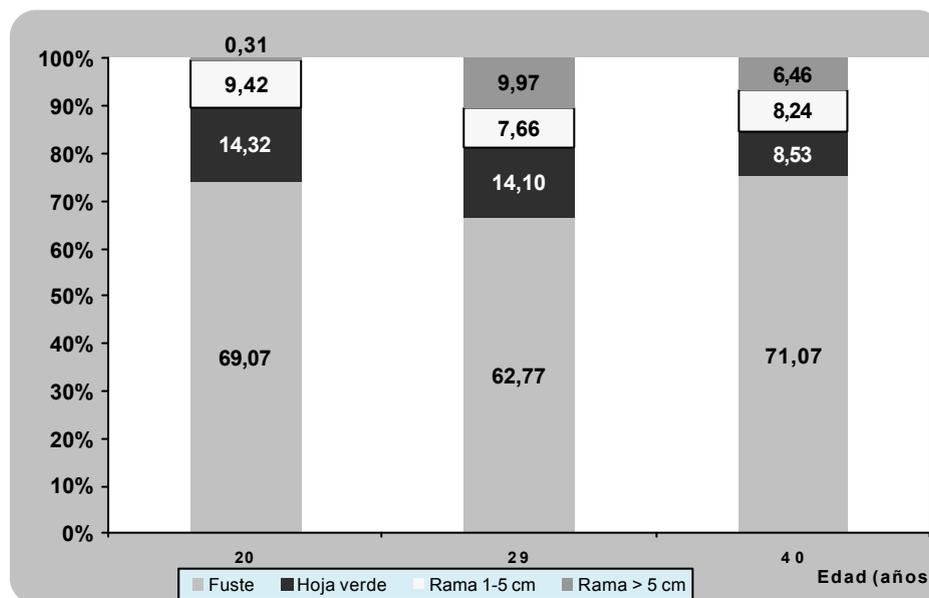
De los 27 árboles apeados se presentan en la Tabla 1 los resultados de su peso seco con sus respectivas características dendrométricas.

**Tabla 1:** Características dendrométricas y peso seco por compartimiento de 27 árboles apeados de *Araucaria angustifolia*, de 20, 29 y 40 años de edad.

Características dendrométricas				Peso seco por compartimiento (kg)						
Árbol	Edad	DAP	Ht	Fuste	Hojas	H. secas	Ramas 1-5 cm	Ramas > 5 cm	Ramas secas	Fruto
1	20	24,5	16,7	208,72	52,2	2,43	14,99	5,16	1,36	
2	20	29	19,6	255,49	56,38	2,29	30,13			
3	20	22,1	16,4	220,39	37,23	1,55	22,86		4,66	
4	20	28,9	17,2	229,39	63,47	0,68	52,20	3,36	3,24	
5	20	23,4	16,6	170,70	24,29	2,09	18,18		6,29	
6	20	28,5	18,3	261,91	56,45	0,68	42,51		8,99	
7	20	25,6	18,6	218,65	34,33	0,50	29,38		3,43	1,09
8	20	34,6	18,6	377,43	91,02	1,79	61,85		8,71	
9	20	31,3	19,2	285,12	60,56	0,82	48,95	0,41	5,24	
10	29	35,4	21,8	513,02	85,67	3,07	54,47	28,33		
11	29	30,5	19,1	370,31	106,28		74,96	89,44		
12	29	37,2	21,3	492,72	108,38		72,52	127,54	2,08	
13	29	34,2	20,8	426,34	122,63	0,69	65,39	51,74		
14	29	30,4	18,5	401,18	53,38	1,90	42,09	41,55	1,61	0,15
15	29	39,9	19	507,42	81,96	0,72	65,50	57,27	7,01	
16	29	41,5	20,5	656,00	156,45	1,12	35,80	173,53	7,78	
17	29	32,5	17,7	396,32	142,12	0,86	52,61	48,94	2,35	
18	29	40,7	21,5	598,15	118,72	1,40	31,39	127,62	3,91	
19	40	37,3	21,6	551,42	78,01	1,15	45,44	61,53	2,67	0,39
20	40	28,8	20,7	321,32	23,96	0,41	23,72	10,46	6,81	0,09
21	40	59,2	25,5	1449,4	176,53	5,55	37,90	205,27		0,70
22	40	35,8	20,8	538,39	50,98	0,16	46,99	52,35	1,33	
23	40	43,5	24,1	871,02	156,45	0,46	96,34	102,95	0,46	
24	40	27,7	17,1	252,11	32,87	0,40	31,28	5,96	1,62	0,41
25	40	31,7	22,5	416,21	44,03	0,16	161,91	16,44	7,69	
26	40	36,2	21,4	535,32	57,60		55,57	73,80	0,98	
27	40	44,8	22,7	737,16	103,7	1,24	52,37	104,43	8,22	1,92

Independientemente de la edad el fuste presentó siempre la mayor biomasa. Las hojas, por el contrario manifestaron una relación inversa, a mayor edad menor cantidad relativa de hojas sobre la biomasa total.

La Figura 1 grafica la participación porcentual de cada compartimiento en la biomasa aérea total. La mayor concentración relativa de nutrientes que caracteriza al compartimiento hojas, y su menor proporción relativa a medida que se incrementa el período de rotación, anticipan que la mayor eficiencia en el uso de los nutrientes probablemente se asocie con el rodal de San Antonio.



\* Cada columna corresponde al promedio de 9 árboles, 3 de cada clase diamétrica.

**FIGURA 1:** Peso seco porcentual, por compartimiento, de árboles de *Araucaria angustifolia* de 20, 29 y 40 años de edad.

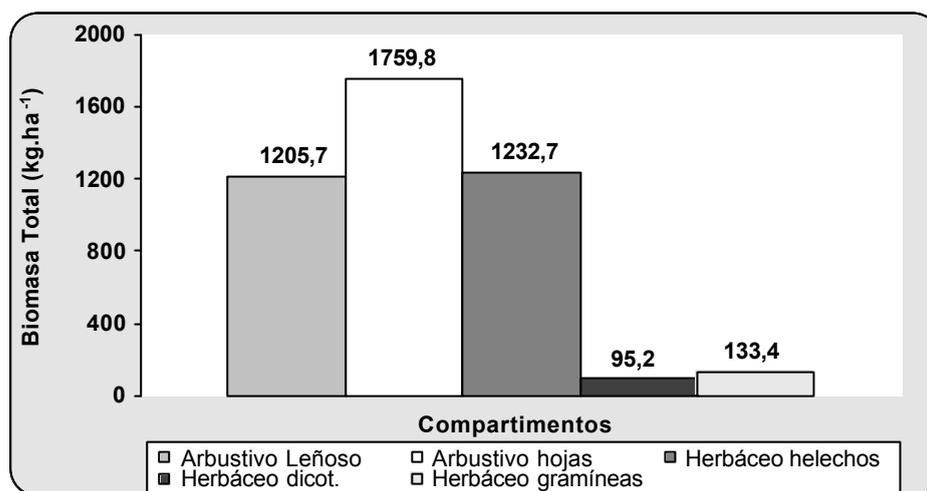
Los porcentajes de ramas de diámetro entre 1 y 5 cm, respecto de la biomasa total, en las tres edades en estudio, mostraron similar comportamiento. Diferente fue lo ocurrido con las ramas mayores a 5 cm de diámetro, ya que en los árboles de 20 años prácticamente no existen, mientras que en las otras dos edades los porcentajes relativos se mantuvieron similares con una leve superioridad de los árboles de 29 años. Sanquetta et al. (2001), trabajando con 35 árboles de araucaria, entre 29 y 33 años, obtuvieron los siguientes porcentajes: 71,9 de fuste con corteza, 8,8 de hoja, 17,7 de ramas vivas y 1,6 de ramas muertas, valores semejantes a que se muestran en la Figura 1

### Sotobosque

El trabajo realizado sobre el rodal de 20 años de edad indicó que el 67 % correspondió al estrato arbustivo, mientras que el 33% restante al estrato herbáceo. A su vez, el porcentaje mayoritario en el estrato arbustivo correspondió al material verde, 59%, mientras que el lignificado registró 41%. En el estrato herbáceo, 84% del total del peso seco correspondió a los helechos, mientras que el 9 y el 6% restantes correspondieron a las categorías gramíneas y

dicotiledóneas. La Figura 2 presenta el peso seco total de cada uno de los compartimentos de los diferentes estratos.

La biomasa total registrada en el sotobosque fue de 4.426,73 kg de materia seca por hectárea, resultando ser el 3,69 % de la biomasa vegetal total existente, que comprende al sotobosque y al bosque de araucaria presente en el estrato superior.



**FIGURA 2:** Peso seco por compartimiento en los estratos arbustivo y herbáceo de una plantación de *Araucaria angustifolia* de 20 años de edad.

### Piso forestal. Horizontes orgánicos.

En este compartimiento se considera la necromasa acumulada en el suelo en sus diferentes estados de descomposición. En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos de los peso seco del material recolectado para los rodales de dos de las edades estudiadas en cada una de las capas de piso (L y F).

**Tabla 2:** Peso seco de piso forestal en plantaciones de *Araucaria angustifolia* de 20 y 40 años de edad.

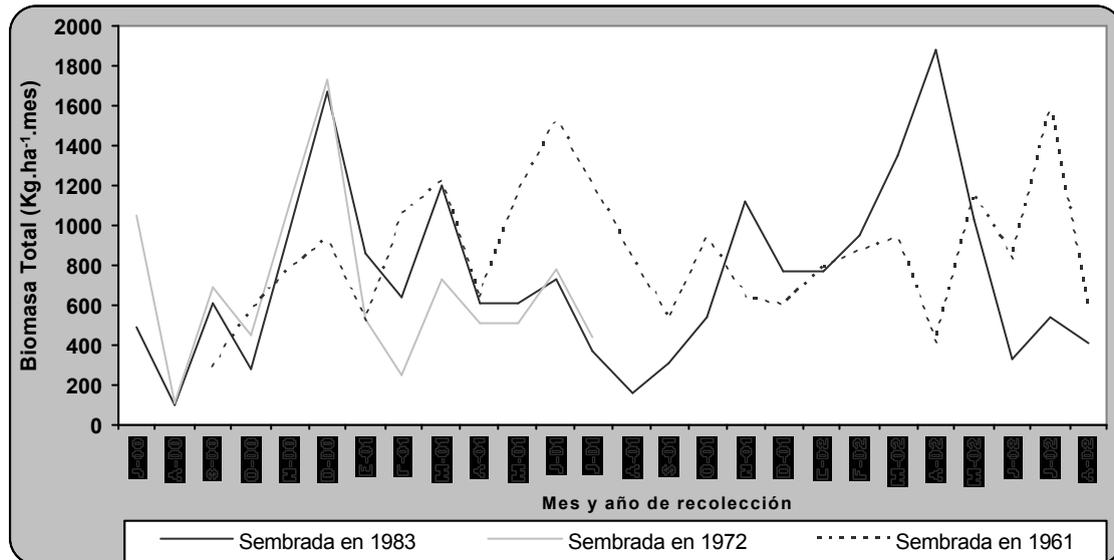
Edad (años)	Capa L (Mg.ha <sup>-1</sup> )	Capa F (Mg.ha <sup>-1</sup> )
20	4,3	6,7
40	15,2	7,8

\* Cada valor fue calculado a partir 30 parcelas de 0,25 m<sup>2</sup>

En ambas edades la capa F presentó valores similares, mientras que en la capa L los valores absolutos se mantuvieron bastante distantes. Esta diferencia en mantillo no resulta simple de explicar ya que el rodal de 40 años presentó un promedio de 80 Kg por árbol, equivalente a 20,6 Mg.ha<sup>-1</sup>, mientras que el de 20 años uno de 53 Kg por árbol, acumulando un total de 18,8 Mg.ha<sup>-1</sup>. Por otro lado, los aportes aéreos totalizados para un período de dos años, mediante datos mensuales, fueron 855 Kg.ha<sup>-1</sup> para la plantación de 40 años y 739 kg.ha<sup>-1</sup> para la de 20 años.

## Caída de Hojarasca

La caída de hojarasca es un proceso que se encuentra relacionado con las variaciones estacionales y su conocimiento es importante para interpretar los fenómenos de reciclaje de nutrientes, debido a los flujos asociados a la caída, a los procesos de acumulación de materia orgánica en el suelo, y a la descomposición. En este estudio as plantaciones de *Araucaria* no hubo una tendencia clara entre las diferentes edades, como así tampoco una asociación entre las principales variables meteorológicas con la caída en los diferentes meses. En la Figura 3 se presenta la distribución de caída de los diferentes meses para las tres edades de araucaria.



**FIGURA 3:** Distribución mensual de la caída de biomasa total aérea de *Araucaria angustifolia*, de 20, 29 y 40 años de edad.

## COMENTARIOS FINALES

Dado que se trata de un trabajo parcial, y que no se dispone de los resultados de los análisis de concentraciones de nutrientes en los diferentes compartimientos de la biomasa, no resulta posible proponer recomendaciones de manejo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Fassola H.; J. Bernio; R. Fernández; A. Lupi; G. Valle; P. Ferrere; V. Piriz Carrillo; H. Kuzdra; S. Marquez. 1997. Inventario Forestal de plantaciones del campo anexo Manuel Belgrano, San Antonio, Misiones. EEA Montecarlo. Centro Regional Misiones
- Fernández, R. Estrategias para minimizar los impactos de la cosecha forestal. Balance de nutrientes y condición física del suelo. 2002. Conferencia. En: Actas XVII Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia, 2002.
- Fernández, R; Pahr, N; Lupi, A. 1999. Aptitud de las tierras para la implantación de bosques. Provincia de Misiones. Yvyretá 9: 41-49.
- Goya., J; Pérez, C; Frangi, J; Fernández, R. 2003. Impacto de la cosecha y destino de los residuos sobre la estabilidad nutritiva de plantaciones de *Pinus taeda* L. Aceptado por Ecología Austral, vol 13 N°1.

- Pahr, N.; Fernández, R. A.; Lupi, A. M. 2000. Potencial de productividad de los suelos del nordeste de Corrientes para el *Eucalyptus grandis*. *Yviraretá* 10: 91-92.
- Pritchett W. 1986. Suelos forestales. Propiedades, conservación y mejoramiento. Editorial Limusa. 634 pag.
- Sanquetta C.; L. Watzlawick; M. Schumacher; A. Mello. 2001. Relacoes individuais de biomassa e conteúdo carbono em plantacoes de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* no sul do estado do Paraná, Brasil. 2º Simposio Latino Americano Sobre manejo florestal Santa María Rs. Brasil. 2001.
- Whittaker R.y G. Woodwell. 1968. Dimension and production relations of trees and shrubs in the Brookhaven Forest, new York. *J. Ecol.* 56:1-25.
- Worrell, R.; Hampson, A. 1997. The Influence of some Forest Operations on the Sustainable Management of Forest Soils a Review. *Forestry.* 70 (1): 61 – 77.