

PESO DE RAÍCES, FUSTES Y RAMAS, Y PROPORCIÓN DE RAÍCES DE ÁLAMOS EN LA ESTACIÓN FORESTAL SAN PABLO (ex-IFONA), PROVINCIA DE JUJUY

WEIGHT OF ROOTS, STEMS, AND BRANCHES, AND UNDERGROUND PROPORTION OF POPLARS AT THE SAN PABLO FOREST STATION (FORMER IFONA), PROVINCE OF JUJUY

Chocobar, A. N. E.¹

RESUMEN

Con la finalidad de estimar la biomasa de álamos en una parcela cultivada con salicáceas en la Estación Forestal San Pablo (ex-Instituto Forestal Nacional), ubicada a 1470 m snm. en la provincia de Jujuy, se llevó a cabo el análisis dimensional de tres árboles –*Populus deltoides* de 7 y 16 años y *P. x euramericana* de 15,5 años– plantados a partir de estacas provistas por el INTA. Se estudió en particular el compartimento subterráneo de complicada extracción y laboriosa medición directa. Se fraccionaron los fustes, todas sus ramas y las raíces hasta 2 mm de grosor; este material fue medido y pesado en verde. Las longitudes totales de las raíces de los dos árboles maduros fueron: 130,5 y 121,0 metros respectivamente. La proporción de peso fresco promedio del total de fitomasa fue: raíces 21,1%, follaje 8,4%, ramas 25,9% y fustes 44,6%. El cociente entre peso de raíces y peso de la parte aérea promedió fue 0,267 es decir que aproximadamente la biomasa radical representó el 27% de la BM (biomasa) aérea. En el *P. deltoides* de 16 años, el peso específico de la madera a las dos semanas de abatido el árbol fue 641 kg/m³ y el P.E. (peso específico) aparente (madera seca al aire) fue 390 kg/m³. La BM posible en una forestación con estos cultivares a los 15 años en las condiciones del sitio de ensayo se estimó en 408 toneladas de carbono por hectárea.

Palabras clave: Biomasa. Peso fresco de raíces. Álamos. *Populus* sp. Prov. Jujuy.

SUMMARY

In order to estimate the biomass of poplars in a plot cultivated with salicaceae at the San Pablo Forest Station (former National Forest Institute), located at 1,470 m snm (4820 ft. a.s.l.) in the province of Jujuy the dimensional analysis of three trees was carried out –*Populus deltoides* 7 and 16 years old and *P. x euramericana* 15,5 years old– planted from cuttings supplied by I.N.T.A. The underground compartment of complicated extraction and laborious direct measurement was specially studied. Stems, branches and roots up to 2 mm thickness were cut; this material was measured and fresh weighted. The total root lengths of the two mature trees were 130,5 and 121,0 meters respectively. The average fresh weight ratio of phytomass total were: roots 21.1%, leaves 8.4%, branches 25.9% and stems 44.6%. Ratio between root weight and aboveground weight averaged 0.267 id

¹-Cátedra de Dasonomía, Facultad de Ciencias Agrarias, UNJu, y Cátedra de Dasonomía, Expansión Académica San Pedro de Jujuy, FCA, UNJu.

est, root biomass meant nearly 27% of aboveground BM (biomass). Regarding the 16 years old *P. deltoides*, specific gravity of timber cut two weeks before laboratory testing was 641 kg/m³ (40 lb/ft³), and 390 kg/m³ (24,3 lb/ft³) for air-dry wood. The feasible BM forestation with these cultivars at 15 years under test site conditions was estimated at 408 tons of carbon per hectare.

Keywords: **Biomass. Poplars. *Populus* sp.. Province of Jujuy. Roots fresh weight.**

INTRODUCCIÓN

La medición de la biomasa (BM) y productividad de los componentes vegetales de un ecosistema es una tarea indudablemente muy difícil (Spurr y Barnes, 1982), en particular en lo referente a la BM subterránea. Los sistemas radicales, desde sus estructuras profundas de fijación hasta las más superficiales de absorción, constituyen una proporción significativa de la biomasa leñosa. La estimación del almacenamiento de carbono en la biomasa subterránea resulta importante en los proyectos de fijación de carbono, ya que ésta representa una fracción importante de la biomasa aérea. Según distintos autores la proporción ronda entre un 10 y 40% de la biomasa total (MacDiken, 1977); un 10 al 30% de la biomasa aérea (Dixon, 1995); 20 a 30% de la biomasa aérea para distintos lugares del mundo (Cairns y otros, 1997); 28,7% de la biomasa aérea de los bosques de Roble-Raulí-Coigüe del sur de Chile (Calderón y otros, 2001); 21% de la BM total en pinos y 23% en sauces (Chocovar, 2012).

La biomasa de las raíces puede estimarse básicamente mediante tres procedimientos: 1) por medición directa; 2) utilizando un determinado porcentaje de la biomasa aérea; y 3) apelando al uso de modelos de biomasa radical obtenidos de la literatura específica, toda vez que se trate de las mismas especies y condiciones edáficas similares. La determinación de biomasa radical por extracción total de sus componentes y posterior pesaje resulta útil para tener mejores estimaciones del carbono total de un ecosistema nativo o la acumulada en una forestación con especies exóticas.

El primero de estos métodos fue empleado como base para futuras extrapolaciones en la Estación

Forestal San Pablo (EFSP, ex-Instituto Forestal Nacional). El presente análisis da cuenta de la extensión, volumen aproximado, peso fresco o verde (PF) y peso seco al aire, y relación entre parte aérea y radical de tres árboles de *Populus* sp. de 7, 15,5 y 16 años plantados en la EFSP.

Antecedentes

Se ha encontrado que plantas con sistemas radicales fibrosos tienen enormes extensiones de raíces. Entre las varias plantas estudiadas, una planta de centeno de 4 meses llegó a formar 143 raíces principales, 35.600 raíces de segundo orden, 2.300.000 de tercer orden y 11.500.000 de cuarto orden (Robbins y otros, 1957). Una planta de maíz puede alcanzar una extensión acumulada de sus raíces de más de 400 metros (Hill y otros, 1967).

En las especies leñosas la extensión radical puede ser igualmente importante. Kramer y Kozlowski (1960) citan para un plantín de *Cornus florida* de sólo 6 meses 2.657 raíces entre primer y sexto orden y 51 metros de longitud acumulada; y un plantín de igual edad de *Pinus taeda* totalizaba 767 raíces con casi 4 metros de longitud. Kalela (1954) mencionó un *Pinus taeda* de 100 años cuya extensión total de raíces llegaba a los 50 kilómetros. Heyward (1933) midió algo más de 20 m en *P. palustris* en el oeste de Florida; en Australia, se halló una extensión máxima de 45 m en un *P. pinaster* (Paton, 1987), y Kozlowski, (1971) midió 60 m en un álamo (*Populus deltoides*). Ya al 6° año de instalada una parcela de *P. patula* en un suelo húmedo de la EFSP, las raíces laterales cubrían un radio medio de 4,6 metros (Chocovar y Picchi, 2006).

Según la clasificación de las disposiciones de enraizamiento, el tipo axonomorfo pivotante

corresponde a la predominancia de una raíz que se clava profundamente en el suelo; en nuestros estudios en la provincia este tipo de arquitectura, lo hemos observado solamente en pinos y en *Araucaria angustifolia*, pero no en eucaliptos o salicáceas. El tipo superficial vale para las especies en las que predominan las raíces laterales sin una pivotante conspicua, y el tipo oblicuo ocupa una posición intermedia. La extensión total de los sistemas radicales de cada árbol dentro de una plantación, si se toman en cuenta las raicillas (raíces menores a 2 milímetros de diámetro) más las vellosidades absorbentes, puede alcanzar cifras astronómicas (Daniel y otros, 1982).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se trabajó en las parcelas experimentales próximas al arroyo Coyamayo (límite Norte de la EFSP). De una parcela de 9500 m² se apearon en diversas oportunidades varios árboles, sauces y álamos entre dominados y enfermos (varios atacados por *Platypus sulcatus*), quedando en pie sólo 18 de los mejores ejemplares, sanos y dominantes; dos de estos y otro de menor edad fueron elegidos para llevar a cabo este estudio sobre la biomasa en *Populus*, en particular la referida al sistema radical por medición directa (Chocovar y Picchi, 2008 y 2016).

Para la extracción de las raíces se operó con picos, barretas, palas, azadas, y tijeras de podar para seccionar las raíces más delgadas; el uso de motosierra se intentó en varias oportunidades, pero debió ser reservado para el posterior trozado de las raíces ya limpias y para las ramas y fustes, pues sus cadenas fueron severamente dañadas por la arena y por piedras no visibles aprisionadas por las raíces. Los radios de acción de cavado según los diámetros de los árboles –2,5 metros para un DAP de 35 cm– sugeridos en el Manual de Procedimientos (Calderón *et alii*, *op. cit.*) resultaron insuficientes para los álamos estudiados, debiéndose explorar zanjas de hasta 6 metros.

Para la estimación del volumen radical, al carecer de un xilómetro adecuado a los tamaños de las secciones de las raíces (método de desplazamiento de agua) se optó por el método de análisis dimensional (diámetros y longitudes de las muestras, que es algo menos preciso aunque igualmente utilizado en distintos trabajos). El PF de las muestras se logró cortando convenientemente el material colectado con sierras manuales; las secciones fueron lavadas, rápidamente escurridas y expuestas al aire para un oreo proporcional a la humedad relativa ambiente previo a las pesadas.



Figura 1. Vistas de varios trocillos de los fustes de dos álamos (*Populus deltoides* a la izquierda y *Populus x euramericana* a la derecha) apeados en la EFSP con el objeto de determinar el volumen, peso fresco y densidad de cada sección.

El voluminoso material seccionado en piezas de diversos tamaños (Figura 1), fue pesado a campo en una balanza “romana” (*statera*) de 30 kg, y en laboratorio en dos balanzas convencionales de 50 y 20 kilogramos; las raíces pequeñas y raicillas se pesaron en una balanza “Ohaus” CS-2000 con precisión de 1 gramo.

El tiempo transcurrido entre la tala de los árboles, el corte de las distintas partes (trociños, ramas y raíces) y su traslado para el pesado inicial (PF) fue variable, pero no superó los 15 días; por ello se considera que la pérdida de humedad durante ese lapso fue mínima. En este sentido, en su trabajo concretado en Chacras de Coria, Mendoza, Calderón *et alii* (1988) determinaron una pérdida en peso de sólo el 5,3% en rollizos de *P. x euramericana* cultivar ‘I-214’ apeados en primavera durante los 30 días posteriores a la tala. Igualmente, trabajando en San Pablo con 14 trociños de *P. deltoides* y 12 de un híbrido euramericano, Chocovar (2007) encontró en promedio una pérdida de 12,6 g de agua/día, equivalente aprox. al 0,5-0,6% diario del peso fresco inicial. Para la determinación de peso seco de la madera se cortaron muestras del material cosechado con sierra sin fin y se sometieron los tacos obtenidos (aprox. 250-400 gramos c/u) a secado entre 70 y 80 °C mediante el empleo de una estufa eléctrica marca “Dalvo” (facilitada en préstamo por la ex-Dirección de Estaciones Experimentales de la Provincia), y otro a gas de 100 dm³ de capacidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos correspondientes a los álamos *Populus deltoides* y *P. x euramericana* objeto de la determinación de volumen, peso fresco (PF) o verde y extensión de sus raíces, como los vinculados a fuste, etc. fueron los siguientes:

A)

Identificación botánica: *Populus deltoides* Bartr. ex Marsh. ssp. *angulata*

Variedad: Cultivar ‘I-125/68’

Procedencia: Centro de Investigaciones de RRNN, INTA (Ing. A. Ragonese)

Edad del árbol: 16 años

Altura total = 28,5 m;

Incremento medio anual (IMA) en altura = 1,76 m

Diámetro de referencia (DAP) = 0,35 m.

B)

Identificación botánica: *Populus deltoides* Bartran

Variedad: cultivar no identificado.

Procedencia: Estación Experimental Agrop. Delta del Paraná, INTA (Ing. R. Sancho)

Edad del árbol: 7 años

Altura total = 12,9 m

Incremento medio anual en altura = 1,84 m

DAP = 0,17 m

C)

Identificación botánica: *Populus x euramericana* (Dode) Guinier, también conocido como *P. x canadensis* Moench. (álamo Carolina)

Presuntos genitores: *Populus nigra* L. x *P. deltoides f. virginiana* (y su recíproco).

Variedad: Clon ‘I-262’ obtenido en Italia por G. Jacometti (Casale Monferrato).

Procedencia: Estación Experimental Agrop. INTA, Campana (Ing. A. Alonzo)

Edad del árbol: 15,5 años

Altura total = 26,0 m;

Incremento medio anual en altura = 1,73 m

DAP = 0,33 m.

Observaciones: este híbrido fue considerado en Mendoza como el más resistente al ataque de canchros (Septoria musiva) (Romero, 1969). Es uno de los más apreciados por su buen porte y elevada producción maderera. En el Alto Valle del Río Negro (Norte de Patagonia) con este clon se lograron 54,4 m³ ha⁻¹ año⁻¹ (Chara y Piedrafita, 1983).

Populus deltoides (A)

En la Tabla 1 se presentan los valores medios de diámetros, secciones, longitudes (expresados en metros), secciones transversales y volúmenes de los 76 trozos en que fue dividida la porción radical de este álamo.

Tabla 1. Valores correspondientes al sistema radical de un álamo (*P. deltoides* cultivar I-125/68) de 16 años en la EFDSP (m), ubicados en orden decreciente de volumen de cada trozo.

Trozo #	Diámetro mayor (cm)	Diámetro menor (cm)	Diámetro medio (cm)	Longitud del trozo (m)	Sección m ²	Volumen m ³
1	0,22	0,05	0,135	5,3	0,0143	0,0759
3	0,19	0,06	0,125	5,3	0,0123	0,0650
7	0,19	0,07	0,130	4,1	0,0133	0,0544
9	0,18	0,07	0,125	4,3	0,0123	0,0528
4	0,16	0,06	0,110	4,5	0,0095	0,0428
6	0,16	0,05	0,105	4,4	0,0087	0,0381
2	0,15	0,05	0,100	4,7	0,0079	0,0369
8	0,16	0,05	0,105	3,9	0,0087	0,0338
10	0,15	0,06	0,105	3,7	0,0087	0,0320
14	0,15	0,04	0,095	4,1	0,0071	0,0291
12	0,16	0,04	0,100	3,5	0,0079	0,0275
26	0,13	0,07	0,100	2,8	0,0079	0,0220
5	0,12	0,05	0,085	3,8	0,0057	0,0216
11	0,14	0,04	0,090	3,3	0,0064	0,0210
15	0,12	0,06	0,090	3,2	0,0064	0,0204
20	0,12	0,06	0,090	2,9	0,0064	0,0184
13	0,13	0,03	0,080	3,4	0,0050	0,0171
19	0,13	0,05	0,090	2,5	0,0064	0,0159
17	0,11	0,04	0,075	2,8	0,0044	0,0124
24	0,10	0,05	0,075	2,4	0,0044	0,0106
25	0,10	0,05	0,075	2,4	0,0044	0,0106
28	0,11	0,03	0,070	2,7	0,0038	0,0104
16	0,10	0,04	0,070	2,5	0,0038	0,0096
18	0,10	0,03	0,065	2,4	0,0033	0,0080
21	0,09	0,05	0,070	2,0	0,0038	0,0077
23	0,09	0,04	0,065	2,2	0,0033	0,0073
27	0,08	0,05	0,065	2,1	0,0033	0,0070
22	0,08	0,04	0,063	2,1	0,0031	0,0064
33	0,08	0,04	0,060	2,1	0,0028	0,0059
35	0,06	0,04	0,050	2,1	0,0020	0,0041
32	0,07	0,02	0,045	2,4	0,0016	0,0038
31	0,08	0,01	0,045	2,1	0,0016	0,0033
29	0,07	0,02	0,045	2,0	0,0016	0,0032
34	0,05	0,02	0,035	2,3	0,0010	0,0022
30	0,06	0,01	0,035	2,2	0,0010	0,0021
37	0,04	0,02	0,030	1,2	0,0007	0,0008
36	0,04	0,01	0,025	1,3	0,0005	0,0006
38	0,03	0,01	0,020	1,0	0,0003	0,0003
39	0,03	0,01	0,020	0,8	0,0003	0,0003
41	0,03	0,02	0,025	0,9	0,0005	0,0004
45	0,02	0,01	0,015	0,6	0,0002	0,0001
47	0,04	0,01	0,025	0,6	0,0005	0,0003
42	0,02	0,01	0,015	0,6	0,0002	0,0001
44	0,03	0,01	0,020	0,6	0,0003	0,0002
40	0,04	0,02	0,030	1,1	0,0007	0,0008
46	0,03	0,01	0,020	0,5	0,0003	0,0002
48	0,03	0,01	0,020	0,5	0,0003	0,0002
52	0,04	0,02	0,030	0,9	0,00071	0,00064
50	0,01	0,005	0,0075	0,3	0,00004	0,00001
64	0,01	0,005	0,0075	0,1	0,00004	0,00000
43	0,02	0,01	0,015	0,7	0,0002	0,0001
49	0,02	0,01	0,015	0,5	0,0002	0,0001
53	0,02	0,01	0,015	0,5	0,00018	0,00009
58	0,015	0,005	0,01	0,1	0,00008	0,00001
51	0,05	0,02	0,035	1,4	0,00096	0,00135
57	0,01	0,01	0,010	0,2	0,00008	0,00002
55	0,02	0,01	0,015	0,3	0,00018	0,00005
62	0,04	0,02	0,030	0,5	0,00071	0,00035
63	0,02	0,005	0,0125	0,1	0,00012	0,00001
66	0,075	0,03	0,0525	0,1	0,00216	0,00022
54	0,03	0,01	0,020	0,7	0,00031	0,00022
56	0,01	0,01	0,010	0,2	0,00008	0,00002
59	0,01	0,005	0,0075	0,1	0,00004	0,00000
61	0,02	0,01	0,015	0,2	0,00018	0,00004
65	0,04	0,025	0,0325	0,5	0,00083	0,00041
60	0,01	0,005	0,0075	0,1	0,00004	0,00000
71	0,05	0,025	0,0375	0,2	0,00110	0,00022
73	0,025	0,01	0,0175	0,1	0,00024	0,00002
70	0,125	0,05	0,0875	1,7	0,00601	0,01022
69	0,105	0,045	0,075	1,9	0,00442	0,00839
67	0,085	0,035	0,060	0,1	0,00283	0,00028
72	0,035	0,01	0,0225	0,4	0,00040	0,00016
68	0,065	0,03	0,0475	0,1	0,00177	0,00018
75	0,015	0,005	0,0100	0,1	0,00008	0,00001
74	0,02	0,005	0,0125	0,1	0,00012	0,00001
76	0,015	0,005	0,0100	0,1	0,00008	0,00001

Longitud total de las raíces (hasta un diámetro mínimo de 4 mm) = 130,5 m

Volumen total de las raíces = 0,767 m³

Peso de las raíces al estado de madera verde = 492 kg

Peso específico o densidad de la madera verde) = 492 kg / 0,767 m³ = 641 kg/m³

Peso específico aparente (madera secada al aire) = aprox. 390 kg/m³

Peso total del fuste (leño + agua) = 977 kg

Volumen del fuste (por fórmula de Smalian) = 1,35 m³

Densidad media de la madera del fuste = 977 kg / 1,35 m³ = 724 kg/m³

Peso del leño (Peso seco) = 280 kg

Peso del agua (H) = 977 kg – 280 kg = 697 kg

P total / (P total - P leño) = 100/H Contén. de humedad H = (100 x 697) / 977 = 71,3%, coincidente por aplicación de la fórmula [(PF – Peso Seco) / PF]. (100) = 71,3%

Populus deltoides (B)

La metodología utilizada para el cálculo de pesos y volúmenes fue la misma que para el álamo A. Para esta variedad cuya identificación clonal fue extraviada, los pesos aproximados por compartimentos fueron los siguientes: follaje = 74,1 kg; ramas = 207 kg; fuste = 394,5 kg; raíces = 176,4 kg; peso total = aprox. 852 kg. Por tratarse de un árbol joven (7 años) con mayor proporción de albura o sámo, no se determinó el peso específico del leño verde. En este caso, también resulta mayor la relación corteza-madera, lo cual implica un mayor desgaste al corte de las sierras o cuchillas; este problema no tiene que ver con la variedad específica sino con la edad y consecuente escasa sección transversal del fuste (0,028 m²).

Populus x euramericana (C)

Longitud total de las raíces (hasta un diámetro mínimo de 4 mm) = 121,0 m

La metodología utilizada fue la misma que para el álamo A y B.

Peso total del fuste (leño + agua) = 785 kg

Volumen del fuste (por fórmula de Smalian) = 1,07 m³

Densidad media de la madera del fuste = 785 kg / 1,07 m³ = 734 kg/m³

Comparación de porcentajes de PF por compartimentos

Especie / cultivar	Edad (años)	Follaje	Ramas	Fuste	Parte aérea	Raíces (R)	Cociente R / PA
<i>P. deltoides</i> 'I-125/68'	16	8,3	26,0	43,7	78,0	22,0	0,282
<i>P. deltoides</i> cv. (?)	7	8,7	24,3	46,3	79,3	20,7	0,261
<i>P. x euramericana</i> 'I-262'	15	8,1	27,6	43,7	79,4	20,6	0,259

Tabla 2. Porcentajes aproximados de los pesos de cada compartimento en relación con el (PF) total de cada árbol, y relaciones entre peso de raíz y la parte aérea.

Cabe mencionar que los valores de peso específico de las maderas de álamo son muy variables, según el medio ecológico de crecimiento, la densidad de plantación, el sexo de los pies, una moderada influencia genética y el lugar de muestreo a lo largo de los fustes. La edad de los árboles parece no tener importancia alguna, y resulta controversial la relación entre velocidad de crecimiento y peso específico. Para el *P. deltoides* aquí tratado, Walters y Bruckmann (1965) determinaron densidades entre 287 y 518 kg/m³ (volumen verde). Ensayando 19 clones de *Populus* sp. en Tunuyán, Mendoza, Scordo y Arreghini (1983) encontraron un rango de variación del peso específico fresco (verde) que va desde los 538 kg/m³ hasta 1488 kg/m³.

Para *P. x euramericana*, Sekawin (1977) determinó sobre las muestras italianas, una densidad seca al aire (humedad del 12%) de 360 kg/m³ y una densidad básica (peso seco/volumen verde) = 300 kg/m³. Barbieri Basso (1984) para el álamo AM ('I-154') –un euramericano afín al 'I-262' aquí tratado– informó una densidad básica = 353 kg/m³.

La relación entre el peso de la parte aérea (PA) y peso de raíces (R) alcanzó en promedio la proporción de 3,74:1 (ver Tabla 2), vale decir que las raíces suman aproximadamente el 21% del peso total del árbol. Este valor es similar al hallado para sauces en iguales condiciones ecológicas y se encuadra dentro de los límites citados por varios autores en la estimación de almacenamiento de carbono en la biomasa subterránea realizada mediante modelización.

Algunos trabajos demostraron que esta relación PA a R puede variar con la edad de los árboles: en *Abies balsamea* se halló que en árboles jóvenes (DAP = 5 cm) la proporción de biomasa radical era 23,9% en tanto en árboles de DAP = 25 cm la relación bajaba a 21,3% (Baskerville, 1965).

Comparando 5 árboles de *Salix nigra* de una edad promedio de 6,2 años con otros 5 árboles de edad media de 13,4 años se encontró que a mayor edad menor era el valor relativo de las raíces respecto a la parte aérea ($r = -0,52$) (Picchi, 1995). Un resultado similar fue hallado en sauces con edades entre 3 y 18 años plantados a orillas del A° Coyamayo en Jujuy ($r = -0,69$) (Chocovar, 2012). Sin embargo, también se han documentado relaciones distintas: en Italia se investigó esta relación en el álamo clonado "I-476" y se encontró que el porcentaje de peso en raíz subía del 7% a los 8 años al 9% a los 14 años (Avanzo y otros, 1975).

Biomasa esperable con los clones incluidos en este trabajo

Tomando el promedio de los guarismos arriba mencionados para ambos cultivares en una rotación de 15 años –lapso que en populicultura es considerado un "ciclo largo" (Suárez, 1980)– en un sitio de buena calidad (1000-1200 mm anuales de lluvia, temperatura media anual no inferior a 15 °C, suelo neutro o levemente ácido) con riego inicial y limpieza por taza, podría obtenerse la biomasa que se ilustra en la Tabla 3.

N° de árboles	DAP (cm)	Área basal (m ²)	Altura media (m)	Volumen (m ³ ha)	Peso fresco (kg)				BM (t C/ha)
					Fustes	Parte Aérea	Raíces	Total	Total
330	35	31,35	27,0	423	310	568	151	719	408

Tabla 3. Datos dasométricos y de biomasa relativos a una posible plantación de álamos en un sitio de buena calidad.

De las 408 toneladas de BM producidas por hectárea (sin considerar vegetación herbácea ni necromasa), aplicando $BM \sim PF \times 0,57$ tenemos que 86 toneladas corresponden a las raíces y 322 t a la parte aérea –hojas + ramas + fustes–. Empleando el modelo de estimación de BM en raíces propuesto por Kurz *et alii* (1996) para maderas blandas: $BM \text{ raíces} = 0,231 \times (BM \text{ sobre el suelo})$, se obtendrían 75 toneladas, unas 11 t menos, valor 13% inferior al calculado, pero evitando el pesado costo que implica la extracción de raíces sumado al laborioso proceso posterior descripto.

Los 423 m³ de fustes (rollizos) producidos a partir de los 330 árboles/ha, representan un incremento medio anual de 28,2 m³ por hectárea, cifra próxima al rendimiento máximo logrado en Jujuy (33 m³/ha al 10° año) en el mejor de los ensayos introducidos hace tres décadas (Picchi y Ragonese, 1988).

CONCLUSIONES

Para los dos árboles adultos (álamos >15 años) analizados, los pesos frescos fueron los siguientes:

Populus deltoides spp. *angulata* (árbol A) de 16 años: follaje (verano) = 186 kg; ramas = 582 kg; fuste = 977 kg; raíces = 492 kg; peso total = 2.237 kg

Populus x euramericana (árbol C) de 15,5 años: follaje = 145 kg; ramas = 495 kg; fuste = 785 kg; raíces = 370 kg; peso total = 1795 kg

En promedio de los tres árboles, los porcentajes de los pesos de cada compartimento en relación con el peso fresco total fue el siguiente: follaje= 8,4%; ramas= 25,9%; fuste= 44,6%; parte aérea= 78,9%; y raíces= 21,1%. El cociente raíces/parte aérea alcanzó 0,267.

AGRADECIMIENTOS

Al entonces Sr. Interventor en el Instituto Forestal Nacional Ing. Hugo H. Kugler por facilitar el acceso al material vegetal cultivado en la EFSP objeto de este estudio. Al entonces Profesor Titular Ord. de la Cátedra de Dasonomía FR Carlos G. Picchi, por su asistencia en las tareas de aserrado de fustes, cortes de ramas, extracción y posterior lavado y pesaje de las raíces de los álamos. Este trabajo fue aprobado por la Secretaría de Ciencia y Técnica y Estudios Regionales, UNJu (Proyecto 08/A090: "Inventario de carbono y determinación de biomasa en parcelas de Bosque Montano y rodales de especies exóticas de rápido crecimiento").

BIBLIOGRAFÍA

Avanzo, E., Giordano, E. y Rossi Marcelli, A. 1975. *Utilisation intégrale du peuplier*. FAO, FO: CIP/75/30. Roma.

Barbieri Basso, C. 1984. Respuesta acerca de la densidad básica de algunas salicáceas. Libro de soluciones, Comisión del Álamo, pág. 105. Reunión Nacional de Salicáceas. Buenos Aires.

Cairns, M., Brown, S., Helmer, E. y Baumgardner, G. 1997. Root Biomass Allocation in the World's Upland Forest. *Oecologia* 111:1-11.

Calderón, A.D., Arreghini, R.L. y Somoza, A.R. 1988. Humedad en madera de álamos. Actas del VI Congreso Forestal Argentino, Tomo III: 546-547.

Calderón, S., Gayoso, J., Guerra, J., y Schlegel, B. 2001. Inventarios Forestales para Contabilidad de Carbono. Manual de Procedimientos. FONDEF D98I1076 UACH / INFOR.

Chara, M. y Piedrafita, E. 1983. Plantación de álamos en la zona del Alto Valle y Valle Medio del Río Negro. Actas y Trabajos Técnicos del V Congreso

Forestal Argentino, Tomo III: 137-141.

Chocovar, A.N.E. 2007. Marcha del pre-secado natural de álamos en la Estación Forestal San Pablo, Prov. de Jujuy. VI Jornadas de Informac. Científ.-Técnica de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNJu. pp. 14-23.

Chocovar, A.N.E. 2012. Productividad, funciones y valuación del Bosque Montano, piso superior de la Selva Montana y forestaciones de altura en la Provincia de Jujuy. Tesis de Maestría en RRNN (Orientación Forestal), Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta.

Chocovar, A.N.E. y Picchi, C.G. 2006. Estimación del costo de extracción de raíces de pinos en la determinación de biomasa en cinco sitios de la Prov. de Jujuy. En: Actas de las XXI Jornadas Forestales de Entre Ríos. 26-27/10/2006. INTA, Concordia.

Chocovar, A.N.E. y Picchi, C.G. 2007. Porcentaje de peso fresco por compartimentos de varios sauces (nativos y exóticos) en relación con el peso total de sus árboles. Informe de avance a la SeCTER, UNJu. (Inéd.)

Chocovar, A.N.E. y Picchi, C.G. 2016. Estimación del almacenaje de Biomasa y Carbono en parcelas de Selva Montana y de *Pinus patula* en la Estación Forestal San Pablo, Prov. de Jujuy. Jornada de "Agroindustria y Biomasa: oportunidades y desafíos". Facultad de Ciencias Agrarias, UNJu.

Daniel, P.W., Helms, U.E. y Baker, F.S. 1982. Principios de Silvicultura. McGraw-Hill de México, S.A. de C.V. México, D.F. 492 pp.

Dixon, R.K. 1995. Agroforestry Systems: Sources or Sinks of Greenhouse Gases? Agroforestry Systems 31:88-116.

Esau, K. 1959. Anatomía Vegetal. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. 729 pp.

Heyward, F. 1933. The root system of longleaf pine on the deep sands of western Florida. Ecology 14:136-148.

Hill, J.B., Overholts, L.O., Popp, H.W. y Grove, Jr., A.R. 1967. Tratado de Botánica. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. 747 pp.

Howard, E.T. 1971. Some chemical and physical properties of slash pine tree parts. USDA Forest Service. Southern Forest Exper. Station, Alexandria, La. USA.

Kalela, E. 1954. On root relations of pine seed-trees. (Translation). Acta Forestalia Fennica, 61 (28): 1-17.

Koch, P. 1972. Utilization of the Southern Pines. Vol. I: The raw material. U.S. Department of Agriculture Forest Service. Southern Forest Experiment Station. Washington, DC.

Kozlowski, T.T. 1962. Tree Growth. The Ronald Press Company. New York. 442 pp.

Kramer, P.J. y Kozlowski, T.T. 1960. Physiology of Trees. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York. 642 pp.

Kurz, W.A., Beukema, S.F. y Apps, M.J. 1996. Estimation of root biomass and dynamics for the carbon budget model of the canadian forest sector. Canadian Journal of Forest Research 23: 1973-1979.

MacDiken, K. 1997. A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Winrock International, 1611 Kent St., suite 600, Arlington, USA. 87 pp.

Picchi, C.G. 1995. Relación entre edad de *Salix nigra* y proporción fuste/raíz en diez árboles cultivados en la Estación Forestal San Pablo, Prov. de Jujuy. Jornadas Tecnológico- Forestales de Orán, INTA/CETEFI. Provincia de Salta. 4 pág.

Picchi, C.G. y Chocovar, A.N.E. 2006. Estudio de la distribución de BM en especies leñosas exóticas. Informe al Proyecto SECTER (Ficha #13). FCA. UNJu. 5 pp.

Picchi, C.G. y Ragonese, A.E. 1988. "Primera evaluación del crecimiento de 21 clones de álamos en la Estación Experimental "Pozo de las Avispas", Jujuy." En: Libro de Resúm. Trabajos VI Congreso Forestal Argentino, pág. 15. Santiago del Estero.

Robbins, W.W., Weier, T.E. y Stocking, C.R. 1957. Botany. John Wiley & Sons, Inc., Publishers. New York. 578 pp.

Romero, R.R. 1969. Estudio del estado sanitario de los álamos en la provincia de Mendoza con especial referencia a la "cancrosis". Actas del Primer Congreso Forestal Argentino: Trabajo # 180, pág. 333. Bs. Aires.

Schlegel, B., Gayoso, J. y Guerra, J. 2001. Manual de Procedimientos para Inventarios de Carbono en Ecosistemas Forestales. UACH, Valdivia. 15 pp.

Scordo, J.C. y Arreghini, R.I. 1983. Ensayo comparativo de adaptación de 19 clones de *Populus* sp. cultivados en Tunuyán, Mendoza. Actas del V Congreso Forestal Argentino, Tomo I, 1.122. 5 pp.

Sekawin, M. 1977. I cloni di pioppo iscritti nel Registro Nazionale Italiano dei cloni forestali. Collana verde 45/77. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste. Roma. 150 pp.

Spurr, S.H. y Barnes, B.V. 1982. Ecología Forestal (Capítulo 18). AGT Editor S.A., México. 690 pp.

Suárez, R.O. 1980. Consideraciones para asegurar una buena implantación y crecimiento final en *Populus* sp. Publicación especial de la Asociación Forestal Argentina. Pág. 77-81. (IV Cong. For. Arg., Goya, Corrientes.)

Walters, C.S. y Bruckmann, G. 1965. Variation in specific gravity of cottonwood as affected by tree sex and stand location. Journal of Forestry 63:182-185.