

# BIOMASA EN ENCLAVES RIPARIOS NATURALES Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE CARBONO

Yolanda Díaz, Teodora Martínez y María Félix Martínez

Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario y Alimentario (IMIDRA). Comunidad de Madrid, Apdo.127. 28800 Alcalá de Henares. Madrid. España. e-mail: teodora.martinez@madrid.org

## RESUMEN

La política forestal establece que la conservación, reforestación y un manejo optimizado de los bosques son los principales métodos mediante los cuales el carbono atmosférico puede ser capturado. Consiguientemente, el objetivo del trabajo ha sido conocer el papel que juega la vegetación leñosa de los sistemas ribereños como productores de biomasa y carbono. Para ello se han desarrollado ecuaciones de predicción de biomasa de las especies más abundantes y características de la zona de estudio (*Populus alba*, *Fraxinus angustifolia*, *Tamarix gallica*, *Crataegus monogyna* y *Prunus spinosa*), se ha estimado la biomasa total arbórea, arbustiva y de cada una de las especies evaluadas, se ha evaluado su mortalidad y regeneración, el incremento/decremento de biomasa entre los periodos de estudio, su crecimiento, y finalmente, el carbono orgánico de la vegetación leñosa acumulado y su incremento-acumulación en los 2 años de estudio. Los resultados muestran que el bosque natural ripario a finales del 2002 almacenaría una cantidad de carbono de 40.346,5 Kg/ha, concentrado prácticamente en el álamo (95%). El crecimiento de la vegetación entre los dos periodos proporcionó una biomasa de 1.333,9 Kg de ms/ha, lo que indica una tasa de crecimiento baja en la que intervienen diferentes factores. Se trata de un sistema con elevada densidad, donde puede que se esté produciendo un estancamiento de la producción, sugiriendo la realización de mejoras y el establecimiento de tareas silvícolas.

## INTRODUCCIÓN

El ciclo global del Carbono (C) es reconocido como uno de los principales ciclos biogeoquímicos debido a su papel en la regulación de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (BROWN, 1997). Por otra parte, el aumento de estas concentraciones de forma creciente, son una contribución importante al cambio climático (SCHIMMEL *et al.* 1995). De esta forma, los bosques a largo plazo, podrían contribuir a mitigar el cambio climático proporcionando materiales y combustibles renovables al tiempo que mantendrían su función como depósitos de carbono (FAO, 1999). El interés que supone realizar estudios relacionados con la acumulación de gases de efecto invernadero, desarrolló la idea de estudiar a las formaciones vegetales como reservorios y almacenadores del CO<sub>2</sub> atmosférico. Se eligieron los bosques de ribera debido a la información y a los trabajos que se venían realizando en ellos desde hace algún tiempo sobre diversos aspectos (MARTÍNEZ y ELORRIETA, 1995; MARTÍNEZ y MOLINA, 2000; MARTÍNEZ y MARTÍN, 2001; MARTÍNEZ, 2000; MARTÍNEZ, 2002). Sin embargo, la estimación de biomasa leñosa es esencial para cuantificar las reservas de carbono, comprender su dinámica y determinar el estado y flujo del material biológico en el ecosistema (ANDERSON, 1970). Así pues, el objetivo del trabajo ha sido obtener ecuaciones de predicción para estimar la biomasa leñosa de distintas especies riparias, y conocer el papel que juega la vegetación leñosa de los sistemas ribereños como productores de biomasa y carbono en las riberas del Henares.

**Palabras clave:** Ecuaciones de predicción, sumideros de carbono, *Populus alba*.

### Área de Estudio

La zona de estudio se ubica en el Centro de España en las riberas del Henares en la Finca El Encín, término de Alcalá de Henares. La zona se encuentra ampliamente descrita en MARTÍNEZ y ELORRIETA (1995). Según la clasificación termobioclimática de RIVAS MARTÍNEZ (1987), el área se ubica en la región mediterránea en el piso de vegetación Mesomediterráneo con una

caracterización térmica de 12° C a 16° C y ambroclima seco de 350 a 650 mm. Las temperaturas medias de la zona han sido de 13,4° C y las precipitaciones de 485,5° C, datos registrados durante 19 y 16 años en las estaciones de la Canaleja y del Encín respectivamente (MARTÍNEZ y ELORRIETA 1995). La vegetación potencial se corresponde a las series riparias sobre suelos arcillosos ricos en bases, propios del piso Mesomediterráneo. Las formaciones más abundantes en la zona son las de álamo (*Populus alba*), y las de álamo y taray (*Tamarix gallica*) (MARTÍNEZ, 2000).

## MATERIAL Y MÉTODOS

### *Estimación de la biomasa leñosa*

La cuantificación de la biomasa leñosa por unidad de área constituye el primer dato necesario para comprender el flujo de materia a través del ecosistema forestal (OVINGTON, 1962; BORMANN y LIKENS, 1979). En España, en general, la información sobre cuantificación de biomasa y las metodologías generales para su estimación son escasas. Los inventarios forestales nacionales que comienzan con el primer inventario nacional de 1965-1974, siguen teniendo como objetivo principal la evaluación del volumen de las masas forestales, más que conocer las existencias de biomasa en los mismos. No obstante existen diversos trabajos que cuantifican biomasa tanto en especies arbóreas comerciales como en especies de bosque mediterráneo (Escarré *et al.*, 1984; López Arias, 1984; Santoyo, 1988; SAN MIGUEL y CANCIO, 1988; GONZÁLEZ, 1989; VILLALVA, 1990; ALLUÉ *et al.*, 1990; MONTERO *et al.*, 1991; CEBALLOS, 1997; MARTÍN DE ALGAR, 1985; MARTÍNEZ, 1992; CANELLAS, 1993; MAGRO, 2002). Sin embargo, son prácticamente inexistentes para especies de los sistemas naturales de ribera.

Para estimar la biomasa leñosa de las distintas especies riparias se establecieron nueve parcelas permanentes de 25x25m, seleccionadas mediante un muestreo sistemático estratificado. Se definieron tres estratos en función del hipotético gradiente de humedad generado por la cercanía al río, con equidistancias entre parcelas, tanto dentro de estratos como entre ellas, en función del área ocupada por sistema. En cada parcela se realizó un inventario morfométrico de cada uno de los individuos presentes en las parcelas, tomándose las siguientes medidas:

- Altura total (Ht) (m) de la planta.
- Altura del primer verticilo vivo (H1v) (m), longitud del tronco desde el suelo hasta el primer grupo de ramas con hojas vivas que tengan cierta importancia.
- Diámetro de base (Db) (cm.), diámetro de tronco medido a 5cm del suelo.
- Diámetro normal (Dn) (cm.), diámetro del tronco medido a 1,30m del suelo.
- Diámetro al primer verticilo vivo (D1v) (cm.).
- Diámetro de copa (Dco.), la distancia entre los puntos que definen dos rectas perpendiculares que cruzan el eje del árbol cortando la proyección ortogonal de la copa sobre el suelo (IFN). Se definen dos ejes: Diámetro de copa máximo (Dcomx), distancia que define la recta máxima que cruza el eje del árbol y Diámetro de copa mínimo (Dcomn), distancia que define la recta ortogonal al diámetro máximo de copa.

Las medidas de altura se realizaron mediante el uso de una cinta métrica rígida o una pértiga telescópica graduada para los individuos de altura menor a cinco metros y para los individuos de altura mayor un hipsómetro Blume-Leiss. Las medidas diamétricas de tronco se midieron mediante un calibre para diámetros menores de 10cm y una cinta diamétrica para los diámetros mayores. Los diámetros de copa se midieron mediante el uso de una cinta métrica.

La biomasa se calculó a partir del método de análisis dimensional (WHITTAKER & WOODWELL, 1968; JORDAN, 1971), utilizando ecuaciones de regresión previamente establecidas a partir de muestras destructivas de árboles y arbustos, en las que se había relacionado su peso con diferentes medidas dasométricas.

### *Procedimiento para estimar las ecuaciones de predicción*

Las muestras destructivas se obtuvieron mediante el apeo de un número suficiente de individuos (entre 15 y 28) de cada una de las 5 especies dominantes en la zona de estudio y en otras que se han restaurado. Fueron dos plantas arbóreas: *Populus alba* (PA, álamo) y *Fraxinus*

*angustifolia* (FA, fresno), y tres arbustivas: *Crataegus monogyna* (CM, espino albar), *Prunus spinosa* (PS, endrino) y *Tamarix gallica* (TG, taray). Las plantas se seleccionaron de acuerdo al rango de tamaños y formas observadas en el campo. Se cortaron a finales de primavera-principios de verano del año 2001; previamente, en cada una de las plantas se habían medido los diferentes parámetros dasométricos. Posteriormente, en el laboratorio se separaron sus diferentes fracciones (tronco, desde la base hasta diámetro normal o de la 1ª rama; leño de copa, toda la copa leñosa desde el diámetro anterior hasta el final de la planta; y hojas), se secaron a 85° C hasta peso constante y se obtuvo su peso seco.

Se desarrollaron ecuaciones de predicción para el peso total de la planta, así como para las distintas fracciones de la planta definidas anteriormente. Para ello se emplearon análisis de regresión utilizando todas las variables dimensionales medidas, así como otras calculadas en combinación o no con la altura. Por otra parte, el amplio rango de tamaños y estructuras que presenta el álamo, obligó a definir distintas ecuaciones de predicción de biomasa para la especie, considerando tanto el diámetro normal, como el del primer verticilo o ramificación. Igualmente, se estableció una ecuación para los individuos de porte o formas arbustivas.

Los ajustes de los modelos se efectuaron por el método de mínimos cuadrados mediante el paquete estadístico STATISTICA 6.0. Todos los modelos fueron utilizados en su forma linealizada mediante transformación logarítmica. La selección de los mejores modelos se efectuó para cada una de las variables predictoras siguiendo los criterios de mayor coeficiente de determinación  $R^2$ , menor error estándar de la estima  $S_x$ , y mejor distribución de los residuos. A igualdad de criterios, se seleccionaron los modelos con menor número de parámetros, las expresiones más sencillas y de mayor significado biológico. Igualmente, se realizó una valoración de la capacidad de predicción de los modelos obtenidos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Ecuaciones de predicción obtenidas para estimar la biomasa leñosa de distintas especies riparias*

Prácticamente todos los modelos analizados para las diferentes especies de las variables dependientes frente a las variables independientes consideradas fueron estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ). Los modelos con mejor predicción y ajuste, los seleccionados para cada una de las especies analizadas y sus distintas fracciones, según los criterios definidos en métodos, se muestran en la Tabla 1 a) y b).

En términos generales, los modelos de mejor ajuste para predecir la biomasa de las especies arbóreas analizadas fueron para el caso del **álamo**, tanto para la biomasa total como de sus componentes, el modelo alométrico, ya que fue el único modelo que presentó unos valores bajos del error estándar de la estima. La variable que produjo los mejores ajustes con un menor error estándar de la estima fue el diámetro, tanto normal como del primer verticilo vivo en combinación con la altura. Para las **formas arbustivas de álamo**, también fue el modelo alométrico; el diámetro de copa en combinación con la altura es la variable que produce mejores ajustes y la que ofrece una mayor sencillez de cálculo. En el caso del **fresno**, el modelo que mejor predice la biomasa del árbol completo y del tronco es el potencial para las variables diamétricas, y el lineal para las variables de área diamétrica, siendo en ambos casos mejores dichas variables en combinación con la altura.

Para el **taray**, el modelo mejor fue el alométrico, ya que para todas las variables independientes consideradas fue el modelo que presentó los  $R^2$  mayores y el menor error estándar de la estima, siendo el diámetro de copa y el volumen de la esfera las variables predictoras de mejor ajuste. Para el **espino albar** el modelo que mejor predice la biomasa, es el alométrico, seguido del potencial para todas las variables independientes; siendo el diámetro de copa combinado con la altura y el volumen del esferoide las variables que producen los mejores ajustes. Para el **endrino**, el modelo de mayor capacidad de predicción de su biomasa fue el potencial y alométrico para todas las variables independientes consideradas, siendo el diámetro de copa combinado con la altura en el modelo potencial la variable que produjo los mejores ajustes.

En todos los casos, son las variables diamétricas las que producen los mejores ajustes, siendo en el caso de las especies arbóreas el diámetro normal y el del primer verticilo vivo, y en el caso de las arbustivas el diámetro de copa.

## ***Biomasa de las distintas especies leñosas***

En la Tabla 2 se muestra la biomasa representada por: *Populus alba*, *Crataegus monogyna* y *Tamarix gallica* en los dos años de estudio. Otras especies existentes en esta área como *Salix* sp., *Fraxinus angustifolia* y *Prunus spinosa*, son relativamente escasas y no se han valorado en biomasa, el sauce por no disponer de ecuación de predicción y el fresno y el endrino por no aparecer en las parcelas de muestreo, ya que se encuentra muy localizado en el área de estudio.

La biomasa estimada a finales de 2001 fue 80.581,2 Kg ms/ha, correspondiendo el 95,4% al álamo y el 4,6% restante a las especies arbustivas, básicamente taray, ya que el majuelo supuso únicamente el 0,1%. La mayoría de la biomasa del álamo correspondió a las formas arbóreas (árboles), con el 98% mientras que los ejemplares de porte o forma arbustiva representaron únicamente el 2% restante. El 91% de la biomasa se concentró en los individuos de mayor tamaño, especialmente en los individuos de diámetro superior a 30 cm. La pérdida de biomasa por mortalidad se debió fundamentalmente al álamo, ya que supuso el 94% de la misma, el 6% restante correspondió al taray (Tabla 2).

En el periodo del 2001 al 2002 se produjo solamente un incremento de biomasa del 0,1%, pasando a 80.693 Kg ms/ha. Este incremento fue el resultado del balance producido entre las entradas y las salidas en el sistema; las entradas se debieron fundamentalmente al crecimiento de las plantas vivas (1.333,9 Kg ms/ha), ya que la biomasa producida por regeneración fue de 4,3 Kg ms/ha (0,01% de la biomasa). Las salidas por mortalidad fueron de 1.226,6 Kg ms/ha (1,5% de la biomasa total). La mayoría del incremento se debió a los árboles de rangos más pequeños y también a individuos de rangos intermedios de álamo, y ligeramente al taray. No obstante, algunos rangos de tamaño intermedio o altos del álamo sufrieron un decremento de biomasa debido a muerte o pérdidas por rotura de ramas y deterioro en general, ya que existen bastantes árboles puntisecos y otros afectados por insectos.

El crecimiento en biomasa de los individuos nuevos fue del 1,7% respecto al año 2001. Las formas de porte arbóreo del álamo, y el taray fueron las especies que presentaron un crecimiento mayor (1,7% y 4,2% respectivamente) (Tabla 1.5).

La producción primaria neta (PPN) indica la capacidad de secuestrar o almacenar carbono de un ecosistema. De acuerdo con LAMBERS *et al.* (1998), dicha producción está determinada por la biomasa y la tasa de crecimiento relativo. En sistemas forestales maduros, aunque la tasa de crecimiento es baja, la biomasa es elevada, siendo en estos sistemas donde se da la mayor PPN. En nuestro caso la biomasa se encuentra cercana a la registrada en sistemas de encinar mediterráneo españoles (90-2008 Tn/ha) (TERRADAS, 2001), sin embargo, la tasa de crecimiento relativo, como ya hemos visto, ha sido muy pequeña.

Como sabemos, la capacidad de crecimiento de las diferentes especies está determinada genéticamente. Así, el álamo se caracteriza por ser una especie de crecimiento rápido, sin embargo a pesar de que existe abundante regeneración, su crecimiento durante el periodo analizado ha sido muy bajo. El crecimiento de los individuos encuadrados en rangos altos se encuentra reducido, predominando el de los individuos de porte arbustivo y el de las plantas procedentes de regeneración. Se trata de un sistema con elevada densidad, donde puede que se esté produciendo un estancamiento de la producción. Bajo esta situación la estructura del bosque se caracteriza por muchos pies de pequeño tamaño que se reparten los recursos sin que lleguen a establecerse unos dominantes, haciendo que el crecimiento medio de cada árbol sea prácticamente insignificante (TERRADAS, 2001). Por otra parte, algunos de los árboles de mayor rango se encuentran bastante deteriorados debido a rotura de ramas y a la falta en general, en todo el bosque, de tareas selvícolas. También la regulación del caudal del río y la falta de cuidados de los sistemas riparios estaría favoreciendo la situación planteada. No obstante, este bosque natural mantiene enclaves muy bien conservados y ejemplares de árboles (álamos especialmente) únicos, muy interesantes y majestuosos.

## ***Distribución de biomasa por fracciones***

A continuación se muestran los resultados de biomasa correspondientes a las tres fracciones diferenciadas: tronco, desde la base hasta el diámetro normal o del primer verticilo, leño de copa, desde el diámetro normal hasta el final del árbol, y hojas, en cada una de las plantas de las distintas

especies. En el álamo (especie de mayor interés por su abundancia y características ripícolas) el 62,9% de la biomasa correspondió al leño de copa, el 31,7% al tronco y el 5,4% restante a las hojas. Estos resultados fueron prácticamente similares en los dos periodos de estudio. La inversión de la biomasa en las diferentes fracciones varió en función del tamaño de los individuos, siendo la tendencia de los pequeños a invertir más en hojas con relación a su biomasa total y los más grandes en la componente leñosa, siendo siempre mayor la fracción de copa.

En el periodo del 2001 al 2002, en términos generales el escaso incremento de biomasa producido en el sistema se dio en la fracción de tronco, ya que en el leño de copa y en las hojas se produjo leve decremento. Los árboles de álamo tendieron a incrementar la fracción leñosa, especialmente la de la copa, y a decrecer la inversión en hojas. Por el contrario, las plantas de porte arbustivo de álamo y las especies arbustivas, incrementaron fundamentalmente la fracción leñosa pero también la de las hojas. El incremento en biomasa de las distintas fracciones aumentó con el tamaño, siendo la tendencia a invertir más en componente leñoso que en hojas a medida que los individuos son mayores. El aumento siempre fue mayor en la fracción leñosa de copa, ya que no hay que olvidar que en dicha fracción se incluye una gran parte de tronco, pues como ya se comentó, se consideró como copa todo a partir del diámetro normal (1,30cm) o desde el primer verticilo. El crecimiento en biomasa viva tiende a aumentar en el componente leñoso y a disminuir en el componente hojas a medida que aumenta el tamaño de los individuos.

### **Carbono orgánico**

La cantidad de carbono acumulada en la vegetación leñosa del sistema en el periodo 2001-2002, asumiendo que es el 50% de su peso seco (biomasa), fue muy pequeña (55,9 Kg/ha/año) y habría sido acumulada un 39,5% en *Populus alba* y un 60,5% en *Tamarix gallica*.

Por otra parte, el crecimiento de la vegetación viva entre los dos periodos proporcionó una biomasa de 1333,9 Kg de ms/ha, lo que habría supuesto una cantidad de carbono de 665 Kg/ha/año que teóricamente sería el secuestrado o fijado de la atmósfera. Sin embargo, debido a la mortalidad de las plantas, la cantidad de carbono generada en un año en el sistema fue menor como hemos visto anteriormente. De acuerdo con nuestros resultados, el bosque natural ripario a finales del 2002 almacenaría una cantidad de 40.346,5 Kg de carbono por hectárea; y estaría repartido dentro de las especies leñosas que se han cuantificado en este área: *Populus alba* (95,4%), *Tamarix gallica* (4,6%) y *Crataegus monogyna* (0,1%).

### **CONCLUSIONES**

Los modelos de predicción de la biomasa total de las plantas, así como de las diferentes fracciones, que presentaron mayor ajuste para las especies arbóreas y arbustivas analizadas fueron en general los de tipo alométrico y potencial.

La especie más abundante es *Populus alba*, siguiéndole muy por debajo *Tamarix gallica*. Sin embargo, la forma estructural más abundante fue la arbustiva, que presentó una densidad del 65%.

Tanto la mortalidad como la regeneración fueron moderadas con el 14% y 21% respectivamente, que correspondió fundamentalmente al álamo. La mortalidad del álamo se produjo en mayor cantidad en los individuos de porte arbustivo (en individuos pequeños) mientras que en el olmo se dio en los individuos de mayor tamaño.

La biomasa del bosque natural se concentró prácticamente en el álamo (95%), correspondiendo el 5 % al taray. El mayor crecimiento en biomasa viva se produjo en el taray (4%). El álamo presentó un crecimiento en biomasa del 1,6%, que se produjo principalmente en los individuos de menor tamaño, siendo en ciertos casos los de tamaño mayor los que sufrieron decremento.

La biomasa se distribuyó fundamentalmente en la fracción leño de la copa. La inversión en hojas en proporción a su biomasa total fue menor a medida que aumenta el tamaño de los individuos.

En conclusión final, podría resumirse que el bosque natural tiene un escaso crecimiento en biomasa, y consiguientemente es pequeña la fijación y captura de carbono. Esto se podría mejorar realizando tareas silvícolas blandas para disminuir densidad y propiciar el crecimiento de los ejemplares arbóreos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALLUÉ, M y SAN MIGUEL, A.; 1990. Estructura evolución y producción de tallares de *Quercus pyrenaica* Willd. En el centro de España. Inv. Agr. Nº 0.
- ANDERSON, F.; 1970. Ecological studies in a Scanian woodland and meadow area southern Sweden. II. Plant biomass primary production and turnover of organic matter. Bot. Notiser 123: 8-51.
- BORMANN, F.H. & LIKENS, G.E.; 1979. Pattern and process in forested ecosystem. Springer-Verlang New York 253pp.
- BROWN, S.; 1997. Los bosques y el cambio climático: El papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono. XI Congreso Forestal Mundial. Vol.1, Tema 4. Antalya, Turquía.
- CANELLAS, I.; 1993. Ecología características y usos de los coscojares (*Quercus coccifera*) en España. Tesis Doctoral UPM ETSM.
- CEBALLOS; 1997. Elaboración de una tarifa para la estimación del peso de leñas de *Quercus ilex* L. En la comarca de Villacastín (Segovia).
- ESCARRÉ, A. GRACIA, C. RODÁ, F. Y TERRADAS J.; 1984. Ecología del bosque esclerófilo mediterráneo. Investigación y Ciencia 95.
- FAO, Comité de Montes; 1999. Desafíos y oportunidades para el sector forestal en virtud del protocolo de Kyoto. Roma, Italia.
- GONZÁLEZ, I.; 1989. Tablas ponderadas para la estimación de la biomasa de rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd. ) la provincia de León. Comunicaciones del INIA. Madrid. Serie Recursos Naturales Nº50.
- JORDAN, C.F.; 1971. Productivity of a tropical forest and its relation to a world pattern of energy storage. J. Ecol. 59:127-142.
- LAMBERS, H. CHAPIN, F.S. III & PONS, T.L.; 1998. Plant physiological ecology. Ed. Springer-Verlag. Nueva York.
- MAGRO, F.; 2002. Estimación de las distintas componentes de la biomasa arbórea forestal. Aplicación a la provincia de la Coruña. Proyecto fin de carrera (ESIM) (UPM).
- MARTÍN DE ALGAR, P.; 1985. Biomasa de las especies de matorral de la Reserva Biológica de Doñana. Modelos de predicción. Tesina de licenciatura (UCM).
- MARTÍNEZ, T. y MOLINA, J. R.; 2000. Evolución de las riberas del Henares en la Comunidad de Madrid en 40 años. Interés en su restauración y conservación. CD (Comunicaciones). Congreso de Medio Ambiente. Madrid.
- MARTÍNEZ, T.; 1992. Estrategia alimentaria de la Cabra montés (*Capra Pyrenaica*) y sus relaciones tróficas con los ungulados silvestres y domésticos en S<sup>a</sup> Nevada, S<sup>a</sup> de Gredos y S<sup>a</sup> de Cazorla. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Pp. 521.
- MARTÍNEZ, T.; 2000. La vegetación de ribera del Río Henares en la Comunidad de Madrid. Consejería de Medio Ambiente. Comunidad de Madrid.
- MARTÍNEZ, T., 2002. Respuesta de la supervivencia de diferentes especies y de la edad de la planta a distintos tratamientos experimentales en la restauración efectuada en las zonas riparias de la finca "El Encín". Boletín Agrario: Agricultura Investigación y Desarrollo. Madrid.
- MARTÍNEZ, T. y ELORRIETA, I.; 1995. El soto de El Encín. Dirección General de Agricultura. Comunidad de Madrid. 115 pp
- MARTÍNEZ, T. Y MARTÍN, J.; 2001. Evolución de la supervivencia de las especies riparias en las plantaciones efectuadas en las riberas del Henares con fines de restauración. Montes para la sociedad del nuevo milenio. III Congreso Forestal Español. Vol. 6.

- MONTERO, G.; 1991. Estimación de la productividad aérea en una repoblación de *Pinus pinaster* Ait. En el centro de España. INIA. Madrid. 1(2): 123-136.
- OVINGTON, J.D.; 1962. Quantitative ecology and woodland ecosystem concept. *Advan. Ecol. Res.* 1: 103-192.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; 1987. Memoria del mapa de series de vegetación de España. Escala 1:400.000. Publ. ICONA, Madrid. 268pp.
- SAN MIGUEL, A. Y FERNÁNDEZ CANCIO, A., 1988. Ecuaciones para estimar la biomasa en pie en tallares de chopo a turno corto. *Invest. Agr.: Prod. Prot.veg.* 3 (1).
- SANTOYO, J.; 1988. Estudios silvícolas en el monte medio de *Quercus pyrenaica*. La dehesa del Alcalde de los propios de Riaza nº 80.
- SCHIMEL, D., ENTING, I. G., HEIMANN, M., WIGLEY, T. M. L., RAYNEUD, D., ALVES, D. & SEIGENTHALER, U.; 1995. CO<sub>2</sub> and the carbon cycle. En: J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, J., Bruce, H Lee, B. A.
- TERRADAS, J.; 2001. Ecología de la vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de las comunidades y paisajes. Ed. Omega S.A.
- VILLALBA, F.J.; 1990. Memoria de reconocimiento estudio silvícola y alternativas de gestión para el monte "los comunes nº 250 de los de Segovia propiedad del Ayuntamiento de Riaza".
- WHITTAKER R.H. & WOODWELL, G.M.; 1968. Dimension and production relations of trees and shrubs in the Brook-haven forest New York. *Journal of Ecology* 56: 1-25.

**Tabla 1.** Coeficientes de regresión de cada uno de los modelos de predicción seleccionados para predecir la biomasa total de las plantas y de cada una de sus componentes o fracciones, de las distintas especies arbóreas y arbustivas analizadas (a = intercepto, ES = error estándar, b = pendiente, R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación, Syx = error estándar de la estima, F = resultado del test de la F, p = probabilidad asociada al test de la F.

a)

Especies arbóreas											
Especie	Biomasa	Modelo	Ecuación	a (E.S.)	b (E.S.)	R <sup>2</sup>	Syx	F	P<		
<i>P.alba</i> (Porte árbol)	<b>Total</b>	$Lny=aLnx^b$	$P=a(Dn*Ht)^b$	-2,575	(0,206)	1,279	(0,056)	0,96	0,393	514,680	0,000
		$Lny=aLnx^b$	$P=a(D1v*Ht)^b$	-3,062	(0,212)	1,389	(0,058)	0,96	0,377	572,060	0,000
	Tronco	$Lny=aLnx^b$	$P=a(Dn*Ht)^b$	-3,745	(0,219)	1,282	(0,060)	0,95	0,417	458,910	0,000
		$Lny=aLnx^b$	$P=a(D1v*Ht)^b$	-4,272	(0,243)	1,399	(0,067)	0,95	0,432	442,260	0,000
	Leño copa	$Lny=aLnx^b$	$P=a(Dn*Ht)^b$	-3,371	(0,237)	1,324	(0,065)	0,95	0,452	416,210	0,000
		$Lny=aLnx^b$	$P=a(D1v*Ht)^b$	-3,859	(0,234)	1,436	(0,064)	0,96	0,416	502,960	0,000
	Hojas	$Lny=aLnx^b$	$P=a(Dn*Ht)^b$	-3,433	(0,258)	0,945	(0,071)	0,89	0,491	179,350	0,000
		$Lny=aLnx^b$	$P=a(D1v*Ht)^b$	-3,829	(0,262)	1,035	(0,072)	0,90	0,466	207,350	0,000
<i>P.alba</i> (Porte arbusto)	<b>Total</b>	$Lny=aLnx^b$	$P=a(Dco*Ht)^b$	-2,225	(0,186)	1,617	(0,079)	0,941	0,447	418,360	0,000
	Ramas	$Lny=aLnx^b$	$P=a(Dco*Ht)^b$	-2,670	(0,191)	1,695	(0,081)	0,944	0,459	435,860	0,000
	Hojas	$Lny=aLnx^b$	$P=a(Dco*Ht)^b$	-2,933	(0,194)	1,214	(0,082)	0,893	0,465	217,690	0,000
<i>F.angustifolia</i>	<b>Total</b>	$y=ax^2$	$P=a(D1v*Ht)^2$	0,292	(0,144)	0,010	(0,000)	0,95	0,584	435,320	0,000
	Tronco	$y=ax^2$	$P=a(D1v*Ht)^2$	0,000	(0,072)	0,006	(0,000)	0,97	0,292	651,800	0,000
	Leño copa	$Lny=aLnx^b$	$P=a(D1v)^b$	-3,601	(0,160)	2,690	(0,154)	0,93	0,479	304,810	0,000
	Hojas	$Lny=aLnx^b$	$P=a(D1v)^b$	-4,174	(0,165)	2,264	(0,159)	0,90	0,494	203,230	0,000

b)

Especies arbustivas										
Especie	Biomasa	Modelo	Ecuación	a (E.S.)	b (E.S.)	R <sup>2</sup>	Syx	F	P<	

<i>T.gallica</i>	<b>Total</b>	$Lny=aLnx^b$	$P=a(Dco)^b$	-1,238	(0,124)	2,926	(0,118)	0,964	0,210	615,500	0,000
	<b>Total</b>	$Lny=aLnx^b$	$P=a(Dco*Ht)^b$	-2,079	(0,076)	1,541	(0,106)	0,909	0,326	209,940	0,000
<i>C. monogyna</i>	Ramas	$Lny=aLnx^b$	$P=a(Dco*Ht)^b$	-2,431	(0,094)	1,628	(0,131)	0,881	0,401	154,980	0,000
	Hojas	$Y=ax^2$	$P=a+b(Dco*Ht)^2$	0,027	(0,006)	0,012	(0,001)	0,926	0,023	263,580	0,000
<i>P.spinosa</i>	<b>Total</b>	$Y=ax^2$	$P=a+b(Dco*Ht)^2$	0,027	(0,004)	0,139	(0,012)	0,911	0,013	142,960	0,000

**Tabla 2.** Biomasa total (BT) en Kg ms/ha y (%) de los individuos vivos, muertos (M) y nuevos o de regeneración (N) de las distintas especies arbóreas y arbustivas entre los periodos del 2001 y 2002 en el área A. Igualmente, se muestra el incremento/decremento de biomasa (I/D) en el sistema y el crecimiento en biomasa viva (C) entre ambos periodos, %=Porcentaje relativo al valor del I/D o C de biomasa del total de la vegetación y %\*= Porcentaje relativo a la biomasa inicial (2001) de si mismo (es decir, de cada especie o grupo vegetal evaluado). PA = *Populus alba*; TG = *Tamarix gallica*; CM = *Crataegus monogyna*.

		2001		2002		M		N		I/D		C		
E. ARBÓREAS		BT	%	BT	%	BT	%	BT	%	BT	%	%*	BT	%*
<b>PA</b>	Porte arbóreo	75371.6	98.0	75680.7	98.4	1009.9	87.6	2.0	46.5	309.1	637.3	0.4	1298.5	1.7
	Porte arbustivo	1514.0	2.0	1253.4	1.6	142.7	12.4	2.3	53.5	-260.6	-537.3	17.2	-102.0	-7.4
	<b>Total</b>	<b>76885.6</b>	<b>95.4</b>	<b>76934.1</b>	<b>95.3</b>	<b>1152.5</b>	<b>94.0</b>	<b>4.3</b>	<b>100.0</b>	<b>48.5</b>	<b>43.4</b>	<b>0.1</b>	<b>1196.5</b>	<b>1.6</b>
<b>E. ARBUSTIVAS</b>														
<b>TG</b>		<b>3639.1</b>	<b>4.5</b>	<b>3713.5</b>	<b>4.6</b>	<b>74.0</b>	<b>6.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>74.3</b>	<b>66.5</b>	<b>2.0</b>	<b>148.4</b>	<b>4.2</b>
<b>CM</b>		<b>56.5</b>	<b>0.1</b>	<b>45.5</b>	<b>0.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>-11.0</b>	<b>-9.8</b>	<b>-19.5</b>	<b>-11.0</b>	<b>-19.5</b>
<b>GRAN TOTAL</b>		<b>80581.2</b>	<b>100.0</b>	<b>80693.0</b>	<b>100.0</b>	<b>1226.6</b>	<b>100.0</b>	<b>4.3</b>	<b>100.0</b>	<b>111.9</b>	<b>100.0</b>	<b>0.1</b>	<b>1333.9</b>	<b>1.7</b>
V. porte arbóreo		75371.6	93.5	75680.7	93.8	1009.9	82.3	2.0	46.5	309.1	276.3	0.4	1298.5	1.7
V. porte arbustivo		5209.6	6.5	5012.3	6.2	216.7	17.7	2.3	53.5	-197.2	176.3	-3.8	35.4	0.7